

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

До захисту допущено:

В.о.завідувача кафедри

_____ Олександр ОХРІМЕНКО

«___» _____ 2020р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи та
технології формоутворення деталей»**

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

на тему: «Фреза дискова збірна для оброблення пазів»

Виконав:

студент III курсу, групи МІ-п71

Панченко Олег Ігорович _____

Керівник:

Доцент, к.т.н.

Слободянюк Іванна Валентинівна _____

Рецензент:

Доцент каф. ПГМ, к.т.н.

Гришко Ігор Анатолійович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2020 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4		Технічне завдання	2	
	A4		Анатоції		
3	A4	ДП МІ-п7112.00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	128	
4	A1	ДП МІ-п7112. 01.000 ТК	Синтез конструкції інструменту	1	
5	A1	ДП МІ-п7112. 02.000 ТК	Етапи побудови 3-D моделі інструменту	1	
6	A1	ДП МІ-п7112. 03.000 ТК	Конструкція інструменту	5	
7	A1	ДП МІ-п7112. 04.000 ТК	Графічне зображення технологічного процесу	4	
8	A1	ДП МІ-п7112. 05.000 ТК	Пристосування для протягування рифлень	2	
9	A1	ДП МІ-п7112. 06.000 ТК	Керуюча програма для верстату з ЧПК	1	
10	A1	ДП МІ-п7112. 07.000 ТК	Аналіз потоку мастильно-охолоджувальної рідини	1	

				ДП МІ-п7112 00.000.00		
	ПІБ	Підп	Дата			
Розробн.	Панченко О.І.			Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Керівн.	Слободянюк І.В.				1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. КМ Гр. МІ-п71	
Н/контр.	Адаменко Ю.І.					
Зав.каф.	Охріменко О.А.					

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи та технології формоутворення деталей»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

_____ Олександр ОХРИМЕНКО

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Панченку Олегу Ігоровичу

1. Тема проєкту «Фреза дискова збірна для оброблення пазів», керівник проєкту Слободянюк Іванна Валентинівна, доцент, к.т.н, затверджені наказом по університету від «25» травня 2020 р. № 1120-с
2. Термін подання студентом проєкту 09 червня 2020 року
3. Вихідні дані до проєкту:
 - оброблювана поверхня: матеріал – Сталь 40Х; розміри пазу: ширина від 10 до 12 мм, глибина до 25 мм, точність N9;
 - інструмент: фреза збірної конструкції зі змінними твердосплавними пластинами;
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз конструкції дискових фрез, розробка конструкції дискової збірної фрези для оброблення пазів, автоматизоване проектування інструменту, технологічна частина, конструкторська складова, розробка керуючої програми на верстат з ЧПК, аналіз потоку мастильно-охолоджувальної рідини (МОР).

5. Перелік графічного матеріалу: синтез конструкції інструменту, етапи побудови 3-D моделі інструменту, конструкція інструменту, графічне зображення технологічного процесу, пристосування для протягування рифлень, керуюча програма для верстату з ЧПК, аналіз потоку мастильно-охолоджувальної рідини

6. Дата видачі завдання: 12 лютого 2020 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз конструкції збірних фрез	18.04.2020	
2	Розробка конструкції дискової збірної фрези для оброблення пазів	25.04.2020	
3	Синтез конструкції інструменту	30.04.2020	
4	Етапи побудови 3-D моделі інструменту, конструкція інструменту,	06.05.2020	
5	Автоматизоване проектування інструменту	09.05.2020	
6	Технологічна частина	16.05.2020	
7	Графічне зображення технологічного процесу	20.05.2020	
8	Конструкторська складова	25.05.2020	
9	Пристосування для протягування рифлень	28.05.2020	
10	Розробка керуючої програми на верстат з ЧПК	31.05.2020	
11	Керуюча програма для верстату з ЧПК	03.06.2020	
12	Аналіз потоку мастильно-охолоджувальної рідини (МОР).	06.06.2020	
13	Пояснювальної записки та креслень	09.06.2020	

Студент

Олег ПАНЧЕНКО

Керівник

Іванна СЛОБОДЯНЮК

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Олександр ОХРИМЕНКО
"___" _____ "2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ ДО ПРОЕКТУ	
Тема проекту	Фреза дискова збірна для оброблення пазів
Зміст проекту	Розробити фрезу дискову збірну для оброблення пазів певного діапазону розмірів
Технічні умови до проекту	<ol style="list-style-type: none">1. Матеріал деталі – сталь 40Х.2. Діапазон розмірів ширини пазів - 10...12 мм.3. Глибина пазів до 25 мм4. Поле допуску – N9.5. Шорсткість поверхні після оброблення – Ra 3,2.6. Різальна частина інструменту – із змінними елементами виконаними з твердого сплаву.7. Кріплення різального елемента – механічне8. Підведення охолоджувальної рідини – внутрішнє.
Особливі вимоги	Одна фреза застосовується для оброблення пазів у діапазоні розмірів 10...12 мм.

ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ	
СП	1. Аналіз конструкцій дискових фрез. 2. Синтез конструкції інструменту	
ОП	1. Робочі креслення елементів фрези. 2. 3D модель фрези. 3. Етапи побудови 3D моделі фрези 4. Складальне креслення	
ТС	Ескіз технологічних операцій: <ul style="list-style-type: none"> – точіння торця та зовнішньої поверхні корпусу фрези; – протягування шпонкового пазу в корпусі фрези; – фрезерування радіусів в пазах корпусу фрези; – шліфування торця корпусу фрези. 	
КС	1. 3D модель пристосування для протягування рифлень в корпусі фрези 2. Складальний кресленик пристосування	
СС	Розробка керуючої програми на верстат з ЧПК для розточування отвору та канавки в корпусі фрези	
ДС	Аналіз потоку мастильно-охолоджувальної рідини в корпусі фрези	
Студент Панченко О.І.		дата "___" _____ "20__ р
Керівник Доцент, к.т.н. Слободянюк І.В.		дата "___" _____ "20__ р
Прийняті позначення: СП – стан питання ОП – об'єкт проектування ТС – технологічна складова		КС – конструкторська складова СС – спеціальна складова ДС – дослідницька складова

АНОТАЦІЯ

Метою дипломного проєкту є розроблення конструкції фрези дискової збірної для оброблення пазів. В дипломі була спроектована конструкція інструменту, яка б забезпечила продуктивне оброблення пазів певного діапазону розмір. Був проведений аналіз конструкцій, виконані необхідні проєктні розрахунки, створена 3-D модель інструменту, розроблений технологічний процес, спроектовано пристосування для протягування рифлень, розроблена керуюча програма для верстата з ЧПК та проведений аналіз потоку мастильно-охолоджувальної рідини.

Ключові слова: фреза, фреза дискова збірна, оброблення пазів, мастильно-охолоджувальна рідина, твердосплавні пластини, верстат з ЧПК

ANNOTATION

The purpose of the diploma project is to develop the design of a disk milling machine for processing grooves. In the diploma the design of the tool which would provide productive processing of grooves of a certain size range was designed. The analysis of structures was performed, the necessary design calculations were performed, a 3-D model of the tool was created, a technological process was developed, a device for drawing corrugations was designed, a control program for a CNC machine was developed and a lubricant-coolant flow analysis was performed.

Keywords: milling cutter, prefabricated disk milling machine, groove processing, lubricating and cooling liquid, carbide inserts, CNC machine

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ДИСКОВИХ ФРЕЗ	10
1.1 Конструктивні особливості дискових дискових фрез	10
1.2 Тип конструкції	10
1.3 Тристоронні фрези цільної конструкції	10
1.3.1 Тристоронні фрези складеної конструкції	11
1.3.2 Тристоронні фрези збірної конструкції	12
1.4 Матеріал корпусу фрези	13
1.5 Матеріал різальної частини	14
1.6 Спосіб підведення мастильно-охолоджувальної рідини	15
1.7 Обґрунтування конструкції фрези дискової збірної для оброблення пазів	16
2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ФРЕЗИ ДИСКОВОЇ ЗБІРНОЇ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ПАЗІВ	18
2.1 Опис конструкції	18
2.2 Обґрунтування параметрів	20
2.3 Визначення розмірів фрези	20
2.4 Визначення режимів різання для інструменту	22
2.5 Алгоритм вибору твердосплавних пластин	23
2.6 Визначення параметрів пазу під твердосплавну пластинку	25
3 АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ІНСТРУМЕНТУ	27
3.1 Поняття про системи автоматизованого проектування	27
3.2 Вибір системи автоматизованого проектування	28
3.3 Етапи побудови 3Д моделі за допомогою автоматизованої системи проектування Autodesk Inventor	29

4	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	34
4.1	Вибір заготовки для корпусу фрези	34
4.2	Розробка технологічного процесу виготовлення корпусу фрези...	35
4.3	Розрахунок припусків на механічну обробку	44
4.4	Розрахунок режимів різання	47
5	КОНСТРУКТОРСЬКА СКЛАДОВА.....	55
5.1	Розробка пристрою для протягування рифлень в корпусі фрез.....	55
5.2	Визначення похибки базування.....	56
5.3	Розрахунок сили різання	58
5.4	Визначення необхідної сили затиску	59
5.5	Визначення параметрів механізму закріплення.....	60
6	РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ НА ВЕРСТАТ З ЧПК	61
6.1	Вибір верстату з числовим програмним керуванням.....	61
6.2	Розробка керуючої програми на верстат з ЧПК.....	61
7	АНАЛІЗ ПОТОКУ МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНОЇ РІДИНИ...	66
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70
	ДОДАТКИ.....	72

ВСТУП

Для обробки довгих, глибоких, відкритих пазів використовують фрези дискові збірні, які забезпечують оптимальну стабільність, точність та продуктивність при даному виді фрезерування. При обробленні пазів різної ширини використовують дискові фрези різної ширини, що значно збільшує вартість та час на технологічну підготовку виробництва, тому стає актуальною задача розроблення конструкції та технології виготовлення інструменту, який вирішує дане питання.

Метою проекту - є розроблення конструкторсько-технологічного забезпечення виготовлення корпусу збірної фрези для оброблення пазів діапазону розмірів ширини 10...20 мм, глибиною до 25 мм, полем допуску – N9 та шорсткістю поверхні після оброблення – Ra 3,2.

Для її досягнення необхідно виконати наступні задачі:

1. Виконати аналіз конструкції дискових фрез, матеріалу корпусу фрези, матеріалу різальної частини.
2. Розробити конструкцію корпусу фрези дискової збірної для оброблення пазів
3. Розробити технологічний процес виготовлення корпусу фрези дискової для оброблення пазів
4. Спроекувати пристосування для протягування рифлень в корпусі фрези для оброблення пазів
5. Виконати аналіз потоку мастильно-охолоджувальної рідини в корпусі фрези дискової для оброблення пазів

1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ДИСКОВИХ ФРЕЗ

1.1 Конструктивні особливості дискових дискових фрез

Фреза дискова збірна для оброблення пазів містить посадковий отвір для закріплення на верстаті, а також оснащена швидкозмінними твердосплавними пластинами з механічним кріпленням.

Для виконання проєктування даного типу інструменту, необхідно визначитись в основних параметрах залежно від поставлених задач, які має виконувати дискова збірна фреза для оброблення пазу. До цих параметрів можна віднести:

- тип конструкції;
- основні елементи конструкції фрези;
- матеріал корпусу фрези;
- матеріал різальної частини;
- спосіб підведення мастильно-охолоджувальної рідини (МОР).

1.2 Тип конструкції

Для оброблення довгих, глибоких відкритих пазів використовуються тристоронні фрези: цільної, конструкції та збірної конструкції. Вони забезпечують оптимальну стабільність і продуктивність оброблення. При одночасному обробленні декількох пазів в одній площині використовують набір фрез .

1.3 Тристоронні фрези цільної конструкції

Цільна конструкція тристоронніх дискових фрез (Рис 1.1) є найбільш поширеною. Дана конструкція є досить проста у виготовленні, до недоліків слід віднести: застарілість конструкції, дороговизна виготовлення, використання для оброблення обмеженої групи матеріалів, складність в експлуатації та в утилізації [1].

Для закріплення на верстаті використовується посадковий отвір зі шпонковим пазом. При виконанні оброблення потребує зовнішньої схеми підводу МОР зі сторони верстату. При виконанні оброблення декількох пазів, використовують набір фрез на оправці. При поновленні працездатності потребує використання спеціального пристосування та необхідної кваліфікації робітника [1].

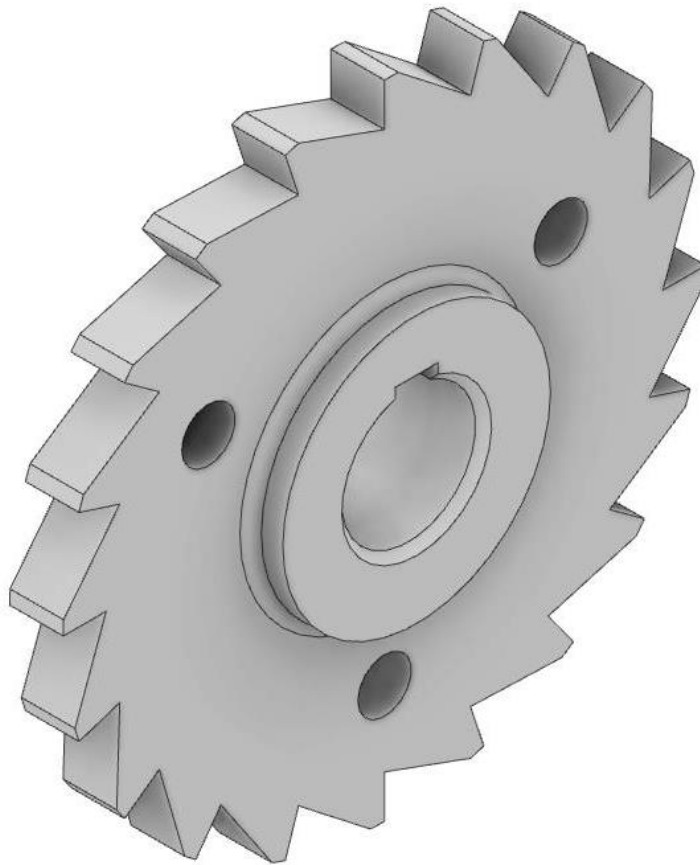


Рисунок 1.1 - Цільна конструкція тристоронньої дискової фрези

1.3.1 Тристоронні фрези складеної конструкції

Складена конструкція тристоронніх дискових фрез (Рис. 1.2) більш економічна у виготовленні, тому що корпус виготовлений із конструкційного матеріалу. Недоліками такої конструкції є: складність виготовлення корпусу інструменту, неточність та складність при складанні ножів з корпусом,

використання обмеженого переліку інструментальних матеріалів при виготовленні ножів, додаткові технологічні затрати при виготовленні різнонаправлених ножів [1].

Для закріплення на верстаті використовується посадковий отвір зі шпонковим пазом. Під час оброблення потребує зовнішню схему підводу МОР зі сторони верстату. При виконанні оброблення декількох пазів, використовують набір фрез на оправці. Для поновлення працездатності інструменту не потребує спеціального пристосування та необхідності у додаткових навичках робітника [2].



Рисунок 1.2 - Складена конструкція тристоронньої дискової фрези

1.3.2 Тристоронні фрези збірної конструкції

Збірна конструкція тристоронніх дискових фрез (Рис. 1.3) є найбільш поширеною сучасному автоматизованому виробництві. Конструкція даних фрез складається з корпусу на який кріпляться касети зі змінними твердосплавними пластинами. Дана конструкція економна у використанні

інструментального матеріалу, та економить час на поновлення працездатності. Головним недоліком є складність виготовлення корпусу інструменту [1].

Виконавши порівняльний аналіз переваг та недоліків представлених конструкцій інструменту, можна зробити висновок, що найбільш оптимальною конструкцією для обробки відкритих пазів є збірна конструкція фрези [1].

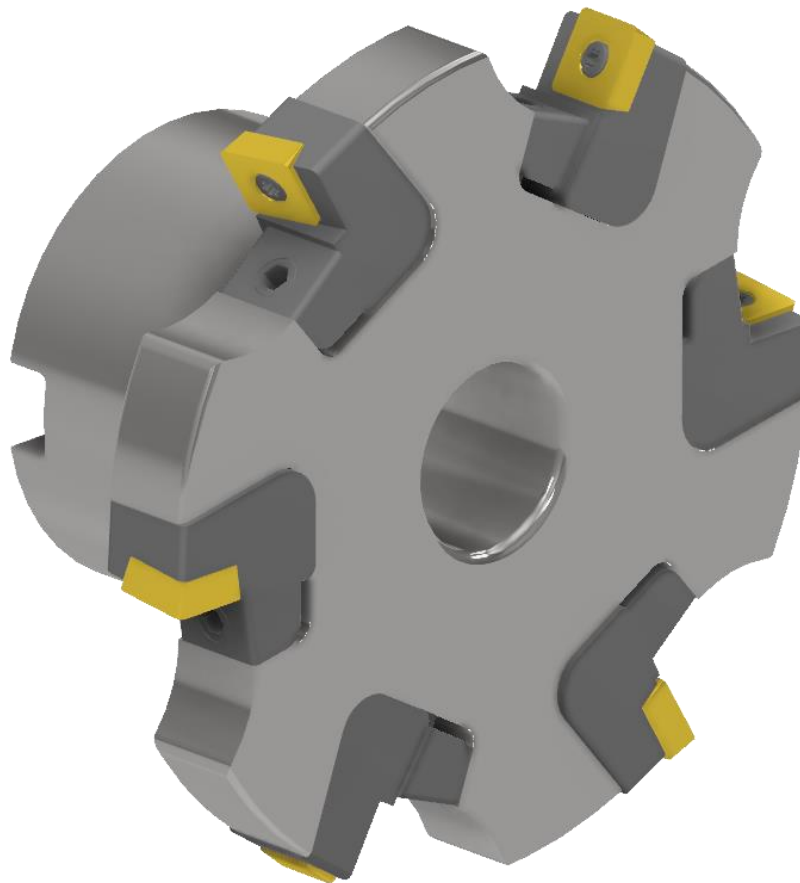


Рисунок 1.3 - Збірної конструкція тристоронньої дискової фрези

1.4 Матеріал корпусу фрези

Для виготовлення корпусу збірного інструменту використовують конструкційні та леговані сталі залежно від умов роботи різального інструменту. Найбільш широко використовуються сталі наступних марок: 45, 50, 60, 40X, 45X. В зв'язку з тим що окремі частини корпусу працюють в складних умовах рекомендують використовувати в якості матеріалу для

тристоронніх збірних дискових фрез сталь 50ХФА[15]. Хімічний склад наведено в табл. 1.1 [3].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 50ХФА, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	V	Cu	Fe
0,46- 0,54	0,17 - 0,37	0,5 - 0,8	до 0,25	до 0,025	до 0,025	0,8 - 1,1	0,1 - 0,2	до 0,2	~96

Фізико-механічні властивості відповідно до ГОСТ 14959-79:

- питома вага: 7800 кг / м^3 ;
- термооброблення: гартування 850°C і відпуск 470°C ;
- твердість матеріалу: $\text{HB } 10^{-1} = 262 - 311 \text{ МПа}$;
- температура критичних точок: $\text{Ac}_1 = 752$, $\text{Ac}_3 (\text{Ac}_m) = 788$,
 $\text{Ar}_3 (\text{Arc}_m) = 746$, $\text{Ar}_1 = 688$, $\text{Mn} = 300$;
- оброблюваність різанням: в гарячекатані стані при $\text{HB } 269$, $\sigma_B = 900 \text{ МПа}$, $\text{До } v_{\text{тв. спл}} = 0,70$ і $\text{K}_{\text{в б.ст}} = 0,35$

1.5 Матеріал різальної частини

Одним із самих важливих параметрів при проектуванні різального інструменту є матеріал різальної частини використовують інструментальні сталі та твердий сплав.

Тверді сплави за складом і сферами застосування поділяються на чотири групи: вольфрамокобальтові (WC-Co) – однокарбідні тверді сплави (група ВК); титановольфрамокобальтові (WC-TiC-Co) – двокарбідні тверді сплави (група ТК); титанотанталовольфрамокобальтові (WC-TiC-TaC-Co) – трикарбідні тверді сплави (група ТТК); безвольфрамові тверді сплави (на основі TiC і TiCN з різними зв'язками) [3].

Для переривчастого оброблення до якого відноситься фрезерування рекомендують використовувати тверді сплави групи ТТК. А також обов'язково враховується вид оброблюваного матеріалу. Тверді сплави групи ТТК складаються із трьох основних фаз: твердого розчину карбідів титану,

вольфраму і танталу (TiC-TaC-WC) а також карбіду вольфраму (WC) і кобальтової зв'язки, хімічний склад наведений в табл. 1.2, фізико-механічні властивості наведені в табл. 1.3 [3].

Талиця 1.2 – Хімічний склад твердого сплаву TT20K9, %

WC	TiC	TaC	Co
67	9,4	14,1	9,5

Таблиця 1.3 – Фізико-механічні властивості твердого сплаву TT20K9

Межа міцності при Вигині σ_z , МПа (не менше)	Густина, $\times 10^{-3}$ кг/м ³ (г/см ³)	HRA (не менше)
1470	12,0-13,0	91,0

Сплави ТТК порівняно зі сплавами ТК завдяки наявності в них карбіду танталу мають менший коефіцієнт термічного розширення, дещо більшу теплопровідність, мають знижену схильність до високотемпературної повзучості, що істотно підвищує межу втоми сплавів ТТК при циклічному навантаженні й термовпливі, а також термостійкість і стійкість до окислювання та корозії при підвищеній температурі [3].

Тому для забезпечення ефективного процесу оброблення пазів обираємо пластини виготовлені з твердого сплаву марки TT20K9, аналогом від виробника *Sandvic Coroman* за є марка твердого сплаву CT35M[16].

1.6 Спосіб підведення мастильно-охолоджувальної рідини

Мастильно-охолоджувальні рідини - технічні рідини, звичайно складні багатокомпонентні системи, призначені в основному для змащування та охолодження металообробних інструментів і деталей, сприяють зниженню зносу інструментів і підвищенню точності оброблюваних деталей . За способом підведення МОР поділяється на зовнішню та внутрішню схему [4].

Зовнішня схема підводу МОР в зону різання є досить популярною у використанні. Перевагою даної схеми є простота конструкції інструменту. Недоліками є складність точного налаштування потрапляння МОР в зону оброблення, що призводить до неефективного використання. Також необхідно постійно стежити за елементами подачі МОР та при необхідності проводити їх очищення, що призводить до збільшення витрати часу на обслуговування верстату[4].

Внутрішня схема підводу МОР є більш сучасною, але призводить до ускладнення процесу виготовлення корпусу інструменту. Вона дозволяє більш ефективно використовувати МОР, оскільки відбувається безпосередня подача в зону різання. Недоліком такої схеми є необхідність у використанні верстатів з відповідним технологічним забезпеченням.

На сучасних верстатах з ЧПК використовують комбіновані схеми подачі МОР, для підвищення продуктивності та точності процесу оброблення.

1.7 Обґрунтування конструкції фрези дискової збірної для оброблення пазів

Виконавши аналіз існуючих конструкцій дискових фрез для оброблення пазів можна виконати проектування згідно попередньо заданих умов обробки.

Для забезпечення можливості оброблення пазів діапазону ширини від 10 до 12 мм та глибиною до 25 мм, є доцільним використовувати тристоронню фрезу дискову збірну для оброблення пазів з регульованою шириною та механічним кріпленням твердосплавних пластин.

Основна особливість даної конструкції є використання клинових касет для базування та закріплення твердосплавних пластин, та можливість їх регулювання по ширині за допомогою рифленої поверхні касети та корпусу фрези.

Такий тип конструкції забезпечує додаткову універсальність. Використання клинових касет дає не тільки можливість регулювання ширини

фрези, а також варіативність використання твердосплавних пластин під необхідну задачу.

Виконавши аналіз, зазначимо, що даний тип конструкції фрези є раціональним для вирішення проблеми оброблення діапазону розмірів пазів.

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ФРЕЗИ ДИСКОВОЇ ЗБІРНОЇ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ПАЗІВ

2.1 Опис конструкції

Конструкція тристоронньої фрези дискової збірної з регулюванням ширини для оброблення пазу складається з таких елементів як: корпус, клинові касети з твердосплавними пластинами та клинами.



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд фрези дискової збірної для оброблення пазів

Корпус призначений для базування та закріплення на верстаті, а також для базування та закріплення за допомогою клинів клинових касет з твердосплавними пластинами.

Конструкція корпусу має посадковий отвір та шпонковий паз для базування на верстаті. Пази канавки призначені для базування та закріплення клинових касет за допомогою клинів. Рифлення в пазах забезпечують базування клинових касет. Отвори з різьбою призначені для закріплення клинів. Отвори від осі корпусу забезпечують підвід МОР в зону різання.

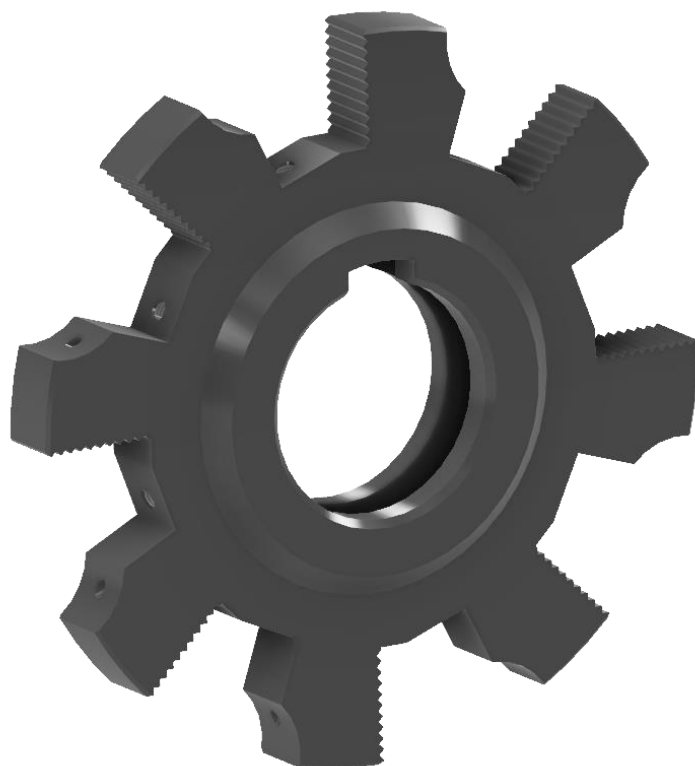


Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд корпусу фрези дискової збірної для оброблення пазів

Клинові касети призначені для базування та закріплення твердосплавних швидкозмінних різальних пластин, які базуються на корпусі інструменту за допомогою рифлень та затискаються за допомогою клинів.

Конструкція касети має в своєму складі паз для базування твердосплавної пластини. Отвір з різьбою для закріплення пластини за допомогою гвинта. Рифлену поверхню для точного та надійного базування на корпусі фрези.

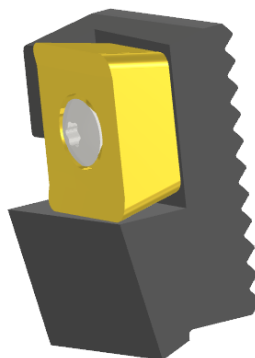


Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд касети фрези дискової збірної для оброблення пазів

Клин призначений для надійного закріплення клинової касети в корпусі інструменту.

Клин має дві симетрично нахилені площини, за допомогою яких відбувається надійне закріплення клинової касети в корпусі інструменту. Отвір в корпусі клину призначений для його надійного закріплення в корпусі інструменту.

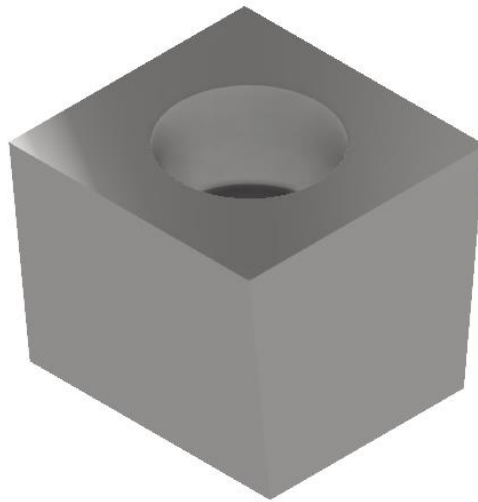


Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд клину тристоронньої фрези дискової збірної

2.2 Обґрунтування параметрів

Для обробки сталі 40Х враховуючи умови обробки по ГОСТ 3882-74, зробимо вибір твердосплавної пластини Р25 яка виготовлена з ТТ20К9 ГОСТ 3882-74.

Згідно технічних вимог по ГОСТ 28438-90 [18] для виготовлення елементів конструкції інструменту застосуємо наступні матеріали:

- Корпус фрези та касети - сталь 50ХФА по ГОСТ 14959;
- Гвинти та клини – сталь 40Х по ГОСТ 4543.

2.3 Визначення розмірів фрези

Визначимо мінімальний діаметр фрези за формулою [3]

$$D_{min} \approx 0,12B^{0,26}t^{0,09}S_z^{0,06}l^{0,78}y_{max}^{-0,25} + 2(t' + \Delta) \quad (2.1)$$

де, l - відстань між опорами оправки. За [2] приймаємо $l = 250$ мм.

t' - загальна глибина пазу. За завданням $t' = 25$ мм.

Δ - заМОР між оправкою та поверхнею заготовки. За [2] приймаємо $\Delta = 10$ мм.

y_{max} – максимально допустимий прогин оправки. При чорновому фрезеруванні пазів за [2] $y_{max} = 0.2$.

Отже, мінімальний розрахований діаметр фрези становить:

$$D_{min} \approx 100,03 \text{ мм} \quad (2.2)$$

За ГОСТ 28437-90 [17] приймаємо стандартний діаметр фрези $D = 100$ мм
Знайдемо наближений діаметр посадкового отвору фрези за формулою [2]:

$$d = 0,44D = 0,44 \cdot 100 = 44 \text{ мм} \quad (2.3)$$

За ГОСТ 28437-90 приймаємо стандартний діаметр посадкового отвору фрези $d = 32$ мм.

Знайдемо кількість зубів фрези за формулою [4]:

$$z = k\sqrt{D} = 0,8\sqrt{100} = 8 \quad (2.4)$$

За [2] прийемо $k = 0,8$, коефіцієнт який залежить від типу фрези та умов роботи;

За ГОСТ 28437-90 приймаємо стандартну кількість зубів фрези $z = 8$.

2.4 Визначення режимів різання для інструменту

Вихідні дані згідно завдання для розрахунку режимів різання:

$b_{\max} = 12$ мм – максимальна ширина пазу;

$t_{\max} = 25$ мм – максимальна глибина пазу.

Виконаємо розрахунки за [7].

Згідно [7] табл. 33 с. 283 при імовірній потужності верстату 5 ... 10 кВт, обробці сталі пластинами із твердого сплаву СТ35М $S_z = 0.12 \dots 0.18$ мм/зуб.

Для фрезерування пазів приймаємо $S_z = 0.09$ мм/зуб

Швидкість різання визначається як:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} K_v \quad (2.4)$$

Де, C_v , q , m , x , y , u , p – коефіцієнт та показники степенів для визначення швидкості обробки. За [7] с. 287 при фрезеруванні пазів дисковими фрезами зі змінними різальними твердосплавними пластинами з $S_z = 0.09$ мм/зуб $C_v = 690$, $q = 0.2$, $m = 0.35$, $x = 0.3$, $y = 0.4$, $u = 0.1$, $p = 0$.

За [6] $T = 120$ хв – період стійкості інструменту.

K_v – поправочний коефіцієнт для розрахунку швидкості різання.

За [14] визначається як:

$$K_v = K_{MV} K_{PV} K_{IV} = 0,21 \quad (2.5)$$

Де K_{MV} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу. Визначаємо коефіцієнт за [7]

Де, K_Γ , n_V - коефіцієнт та показник степені, що характеризують групу сталі по оброблюваності. При обробці Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 різцями зі пластинами із твердого сплаву ТТ20К9 - $K_\Gamma = 0.65$, $n_V = 1$. σ_B – межа міцності. Для Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 - $\sigma_B = 1471$ МПа.

За [8] $K_{PV} = 1$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання.

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (2.6)$$

За [7] $K_{IV} = 0,65$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання.

Отже, швидкість різання рівна:

$$V = 53 \text{ м/хв}$$

2.5 Алгоритм вибору твердосплавних пластин

Для вибору твердосплавних пластин фірми виробники різальних інструментів змогу здійснювати підбір різальних пластин які задовільняють потреби споживача. Розглянемо алгоритм вибору твердосплавної пластини на прикладі онлайн сервісу *CoroPlus® ToolGuide* фірми *Sandvik Coromant*[14].

1. Задати параметри оброблюваного матеріалу
2. Вибрати тип оброблюваної поверхні
3. Вибрати верстат
4. Умови оброблення
5. Тип операції
6. Характеристики оброблюваної поверхні

В результаті використання даного сервісу при правильному введенні усіх технічних параметрів формується звіт (Додаток А) в якому зазначено раціональні параметри твердосплавної пластини та її номер за каталогом [13].

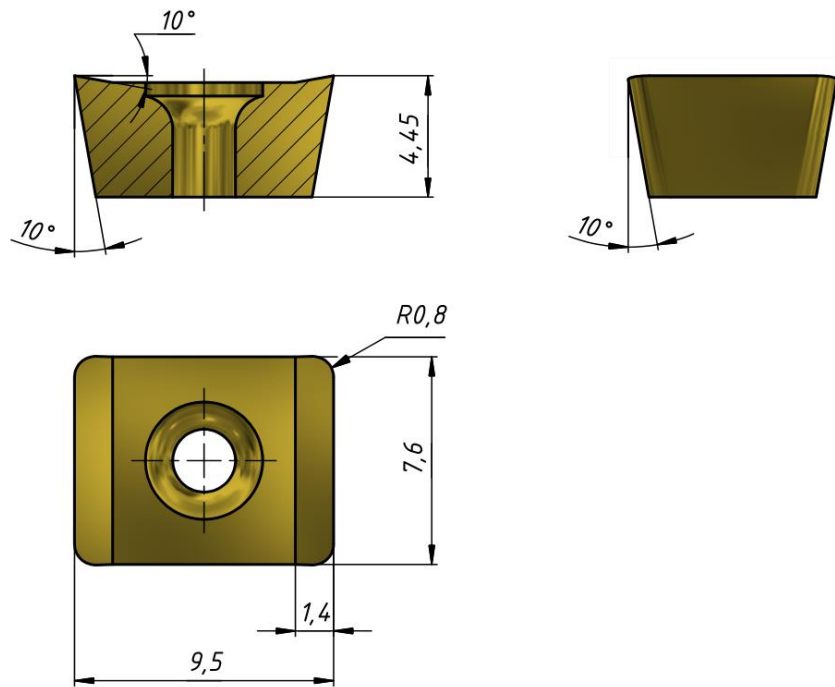


Рисунок 2.6 – Геометричні параметри пластини

Дана пластинка має квадратну форму. Кріпиться до корпусу за допомогою гвинта, що проходить через наявний в пластинці під потайну головку гвинта.

Параметри пластини:

- Форма пластини прямокутна з кутом при вершині $\varepsilon = 90^\circ$.
- Задній кут $\alpha = 10^\circ$.
- Клас допуску – М.
- Конструктивні особливості: з стружколамаючими канавками з одностороннім тороїдальним отвором для гвинта.
- Довжина різальної кромки $L = 9,5$ мм, діаметр вписаного в
- Робоча товщина пластини $s = 4,45$ мм.
- Радіус округлення вершини різальної кромки $r = 0,8$ мм.

Форму стружкової канавки приймаємо стандартну для дискових фрез зі змінними різальними пластинками, а саме з радіусним заокругленням.

2.6 Визначення параметрів пазу під твердосплавну пластинку

При використанні негативних твердосплавних пластин необхідно для забезпечення процесу різання при обробці, необхідно орієнтувати пластину відносно конструкторської установочної бази корпусу інструменту. Для цього після вибору відповідно до заданих умов обробки певного типорозміру пластини здійснюють обробку пазу з метою отримання опорної поверхні для пластини. Кількість граней пластини при заданих головному φ та допоміжному φ_1 кутах фрези в плані визначить форму пластини [6]:

$$\mu = \frac{360}{\varphi + \varphi_1} \quad (2.7)$$

Отже:

$$\mu = 3,91$$

Приймаємо кількість граней в пластині $\mu = 4$. Отже, попередньо вибрана твердосплавна різальна пластинка вибрана вірно. Визначимо кут θ , що характеризує положення осі симетрії пластини відносно головної різальної кромки за наступною залежністю:

$$\tan^{-1} \theta = \frac{\tan \alpha \sin \varphi}{\tan \alpha_1 + \tan \alpha_1 \cos \varphi} \quad (2.8)$$

Отже:

$$\tan^{-1} \theta = 5^\circ$$

Визначимо кут ω за наступною формулою:

$$\omega = \tan^{-1}(\tan \alpha \cos \theta) \quad (2.9)$$

Отже:

$$\omega = 5^\circ$$

Установку касети корпусу на фрезерному верстаті виконують, орієнтуючи її у двох взаємо перпендикулярних площинах, виконанням повороту двох незалежних кутів:

У площині, яка проходить уздовж поздовжньої осі симетрії фрези перпендикулярно до установочної конструкторської бази фрези, на кут ω_1 :

$$\omega_1 = \arctan\left[\left(\frac{\tan(\alpha - \alpha_{пл})}{\cot \omega}\right) \cos \varphi + \tan \omega \sin \varphi\right] = 10^\circ$$

$$\omega_1 = \tan^{-1} \left[\left(\frac{\tan(\alpha - \alpha_{пл})}{\cot \omega} \right) \cos \varphi + \tan \omega \sin \varphi \right] \quad (2.10)$$

Отже:

$$\omega_1 = 5^\circ$$

У площині, що перпендикулярна до поздовжньої осі симетрії і установочної конструкторської бази корпусу фрези на кут ω_2 :

$$\omega_2 = \tan^{-1} \left[\left(\frac{\tan(\alpha - \alpha_{пл})}{\cot \omega} \right) \cos \varphi + \tan \omega \sin \varphi \right] \quad (2.11)$$

Отже:

$$\omega_2 = 5^\circ$$

3 АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ІНСТРУМЕНТУ

3.1 Поняття про системи автоматизованого проектування

Система автоматизованого проектування (САПР) — автоматизована система, призначена для автоматизації технологічного процесу проектування виробу, кінцевим результатом якого є комплект проектно-конструкторської документації, достатньої для виготовлення та подальшої експлуатації об'єкта проектування. Процес автоматизованого проектування реалізується на базі спеціального програмного забезпечення, автоматизованих банків даних, широкого набору периферійних пристроїв [5].

САПР забезпечує створення, зберігання і обробку моделей геометричних об'єктів і їх графічне зображення за допомогою комп'ютера [5].

В автоматизованому проектуванні загальноприйнятими є скорочені терміни [5]:

CAD (англ. *Computer-aided design*) — технологія автоматизованого проектування [5];

CAM (англ. *Computer-aided manufacturing*) — технологія автоматизованого виробництва [5];

CAE (англ. *Computer-aided engineering*) — технологія автоматизованої розробки [5];

CAPP (англ. *computer - aided process planning*) - засоби автоматизації планування технологічних процесів, вживані на стику систем CAD і CAM [5].

CALS (англ. *Continuous Acquisition and Life cycle Support*) — постійна інформаційна підтримка поставок і життєвого циклу [5].

Автоматизоване проектування (*computer-aided design – CAD*) є технологією суть якої полягає у використанні комп'ютерних систем для полегшення створення, змін, аналізу і оптимізації проектів. Таким чином, будь-яка програма, що працює з комп'ютерною графікою, так само як і будь-який додаток використовуваний в інженерних розрахунках, відноситься до систем автоматизованого проектування [5].

Автоматизоване виробництво (*computer-aided manufacturing – CAM*) – це технологія, що полягає у використанні комп'ютерних систем для планування, управління і контролю операцій виробництва через прямий або непрямий інтерфейс з виробничими ресурсами підприємства. Одним з найбільш широко застосовуваних підходів до автоматизації виробництва є числове програмне управління (ЧПУ, *numerical control – NC*) [5].

Автоматизоване конструювання (*computer-aided engineering – CAE*) – полягає у використанні комп'ютерних систем для аналізу геометрії CAD, моделювання і вивчення поведінки виробу для удосконалення і оптимізації його конструкції. Засоби CAE можуть здійснювати багато різних варіантів аналізу. Програми для кінематичних розрахунків, здатні визначати траєкторії руху і швидкості ланок в механізмах. Програми динамічного аналізу можуть використовуватися для визначення навантажень і зсувів в складних пристроях типу автомобілів. Програми верифікації і аналізу логіки і синхронізації імітують роботу складних електронних ланцюгів [5].

Перевагами методів аналізу і оптимізації конструкцій є те, що вони дозволяють конструктору побачити поведінку кінцевого виробу і виявити можливі помилки до створення і тестування реальних прототипів, уникнувши певних витрат. Оскільки вартість конструювання на останніх стадіях розробки і виробництва продукту є значною, а це призводить до скорочення термінів і вартості розробки [5].

3.2 Вибір системи автоматизованого проектування

Виконаємо підбір програмного пакету САПР для виконання автоматизованого проектування інструменту, а саме для створення 3Д моделі конструкції дискової фрези.

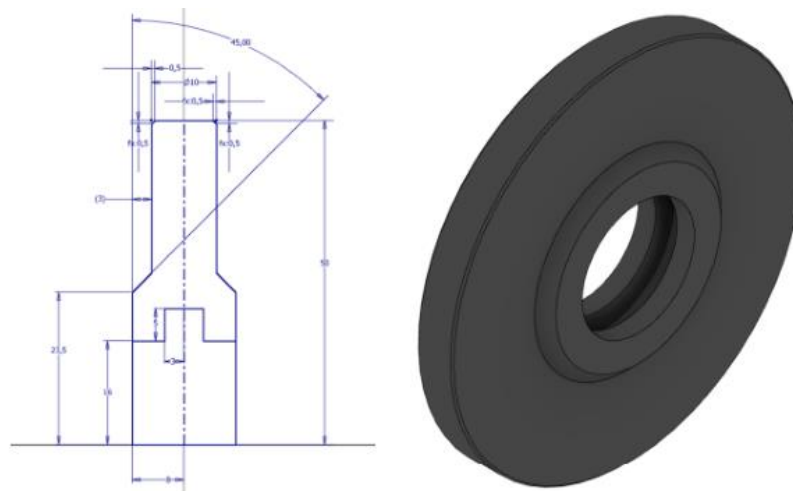
Основним із критеріїв вибору програмного пакету САПР є його доступність, простота налаштування та функціональні можливості при проектуванні. Тому враховуючи дані критерії для виконання поставленої задачі використаємо програмний пакет Autodesk Inventor 2021.

Основні переваги Autodesk Inventor 2021:

- Безкоштовна студентська ліцензія строком на 3 роки;
- Простота налаштування для роботи;
- Широкі функціональні можливості (бібліотеки стандартних виробів, модулі проектування тощо)
- Використання ЄСКД.

3.3 Етапи побудови 3Д моделі за допомогою автоматизованої системи проектування Autodesk Inventor

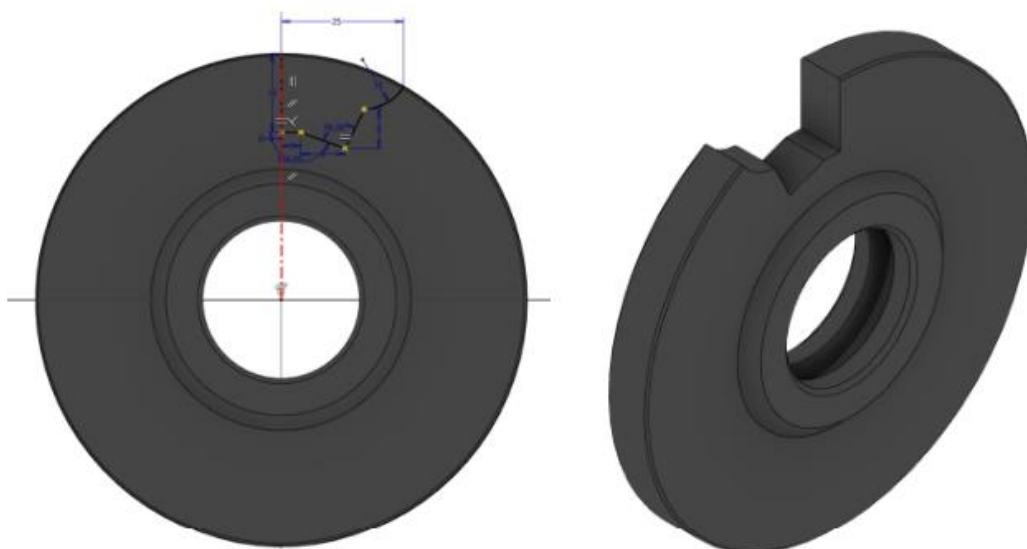
1. Створюємо тіло корпусу за допомогою обертання ескізу навколо осі.



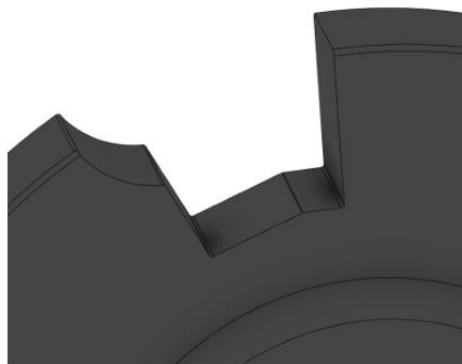
2. Створюємо фаски відповідною командою.



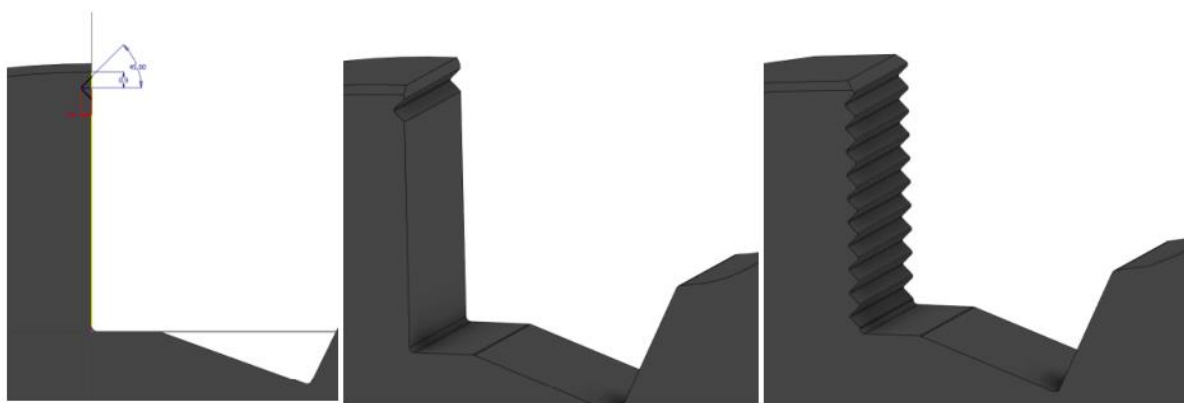
3. Утворимо паз за допомогою ескізу та функції "Видавливание".



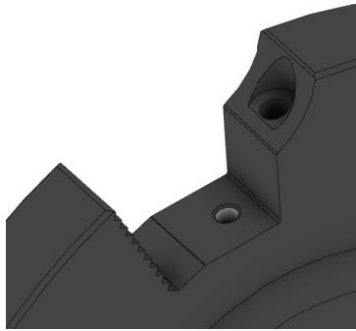
4. Створимо радіуси за допомогою функції "Сопряжение".



5. Створимо рифлення за допомогою ескізу, функції "Видавливание" та лінійного масиву.



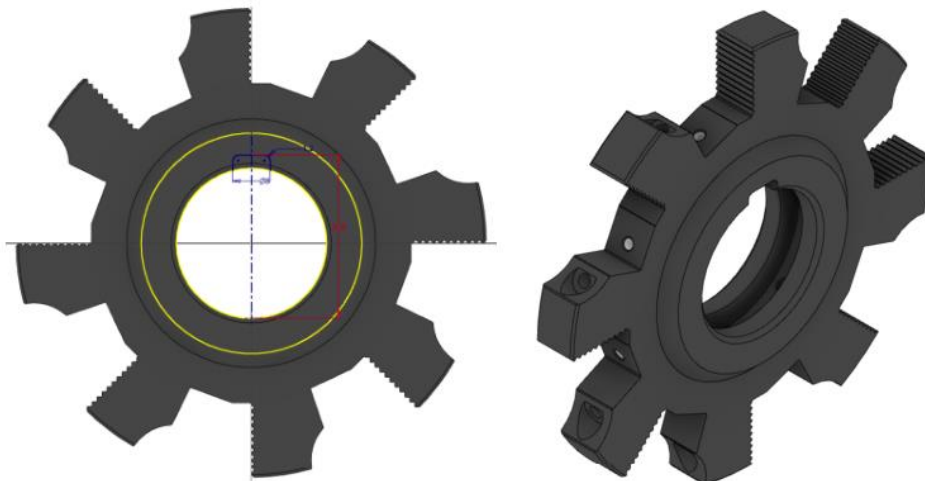
6. Створимо отвори за допомогою відповідної функції.



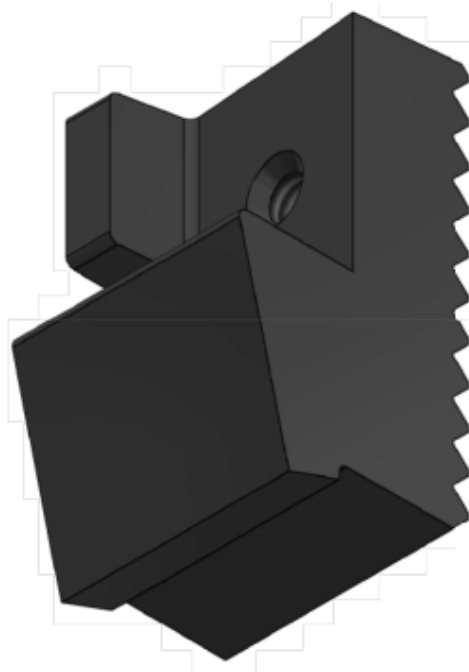
7. Побудуємо пази, рифлення та отвори за допомогою кругового масиву задавши в якості осі вісь корпусу.



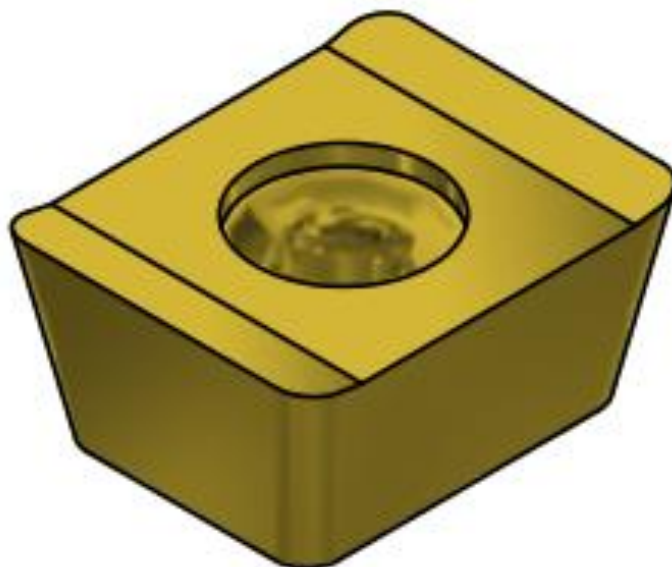
8. Утворимо шпонковий паз за допомогою ескізу та функції "Видавливание".



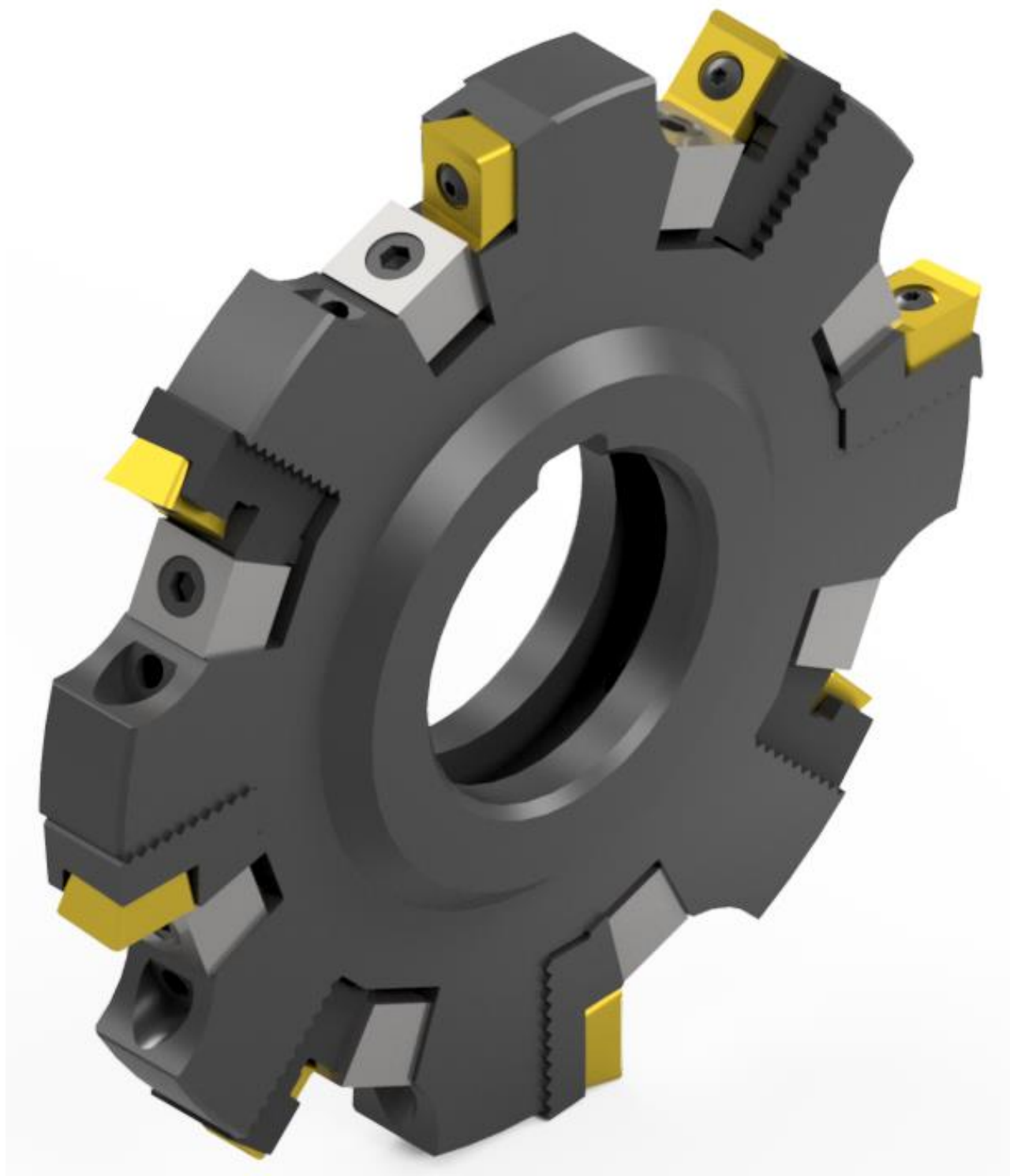
9. Побудуємо 3Д модель "Касети".



10. Створимо 3Д модель "Твердосплавної пластини".



11.Останнім етапом є створення збірки інструменту зі творених 3D моделей, надання відповідних залежностей та додання стандартних елементів закріплення.



4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Вибір заготовки для корпусу фрези

Корпус фрези дискової збірної для оброблення пазів відноситься до деталей типу втулка. Має багато різноманітних поверхонь, які можливо виконати стандартними різальними інструментами та методами обробки.

Для виготовлення корпусу фрези використовується гарячекатний круглий прокат марки сталі 50ХФА Ø110 мм згідно ГОСТ 2590-88.

Марку 50ХФА, відносять до конструкційних, легованих. Одним із ключових характеристик цього металу є його твердість, тобто, здатність чинити опір більш твердим матеріалам. Твердість металів надає безпосередній вплив на міцність стійкість до зносу та ряду інших властивостей .

Аналізуючи креслення корпусу фрези, технічні вимоги, засоби й методи виконання та засоби перевірки зобразимо в табл. 4.1

Таблиця 4.1 – Технічні вимоги до конструкції корпусу фрези

Технічні вимоги	Засоби та методи досягнення	Засоби перевірки
1	2	3
HRC 47...52	Термічна обробка	Пристрій для перевірки твердості Роквелла
Допуск перпендикулярності торців ступиці відносно осі посадкового отвору 0,01 мм. Допуск на торцеве биття торців ступиці 0,03 мм.	Оброблення торців ступиці з базуванням по посадковому отвору	Пристрій з індикатором годинниковго типу

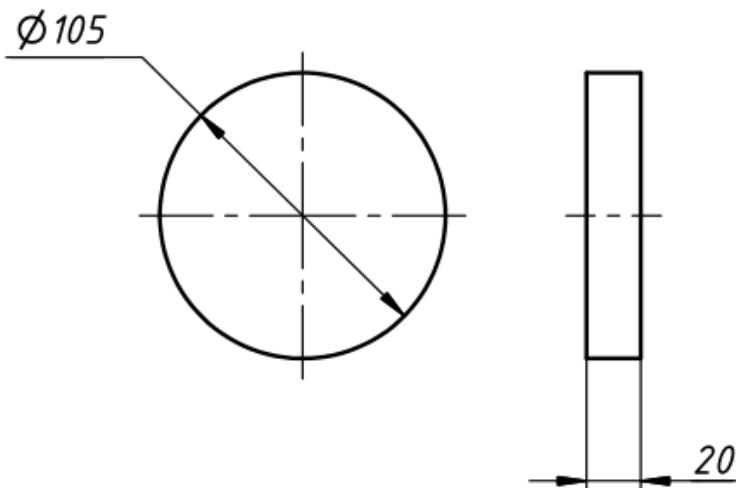
Продовження таблиці 4.1

1	2	3
Допуск на паралельність бічних поверхонь шпонкового пазу не більше 0,018 мм та допуск на симетричність бічних поверхонь шпонкового пазу не більше 0,072 мм.	Оброблення шпонкового пазу протягуванням	Калібр шпонковий
Допуск на симетричність установчого отвору 0,03 мм.	Оброблення отвору з базування по зовнішній поверхні	Пристрій з індикатором годинниковго типу
Допуск на паралельність поверхні пазу відносно осі установчого отвору 0.03 мм.	Обробка пазу з базуванням по поверхні установчого отвору з упором по торцу	Спеціальний калібр

4.2 Розробка технологічного процесу виготовлення корпусу фрези

Виконаємо розробку маршрутного технологічного процесу виготовлення корпусу фрези дискової. Зобразимо його в табл. 4.2.

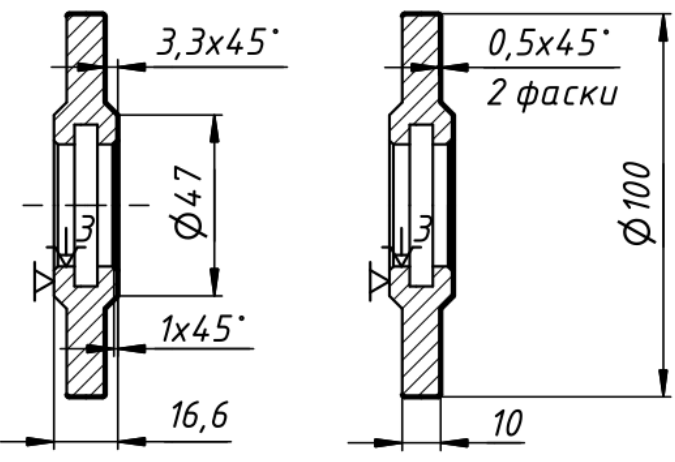
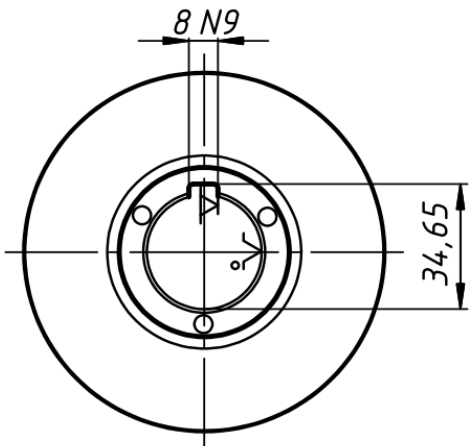
Таблиця 4.2 – Технологічний процес на виготовлення корпусу фрези

Найменування операції та зміст операції	Ескіз операції	Верстат, інструмент	Пристосування
1	2	3	4
<p>005 Заготівельна</p> <p>Відрізати заготовку</p>		<p>Відрізний верстат по металу Lenker HDM 330 HAD;</p> <p>Стрічкова пила 4180×1,1×34 мм ГОСТ Р 53924-2010.</p>	<p>Механізований затискний пристрій</p>
<p>010 Термічна</p> <p>Відпал заготовки</p>	-	Піч електрична	-

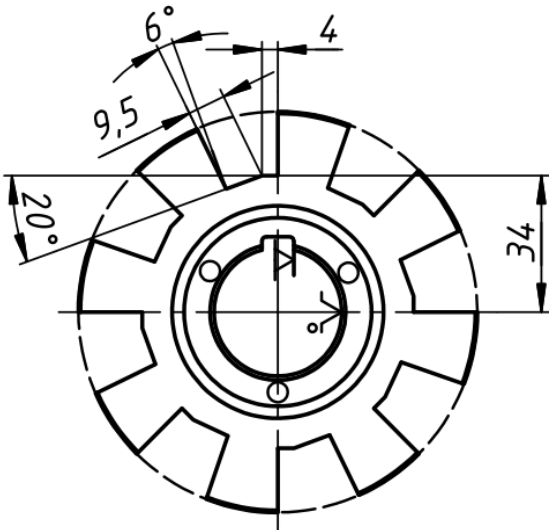
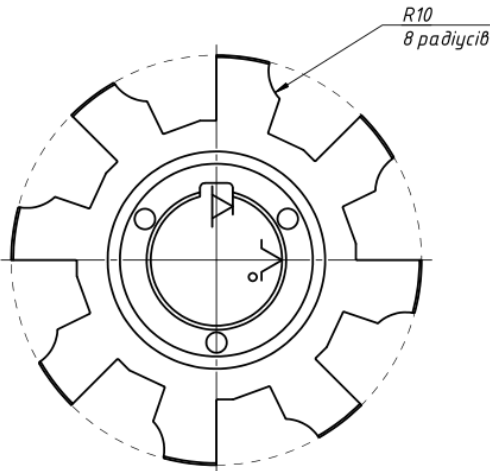
Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4
<p>015 Токартна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Точити торець в розмір 19 мм. 2. Свердлити отвір Ø31 мм. 3. Точити зовнішню поверхню в розмір Ø101 мм на довжину 9,5 мм. 		<p>Токарний верстат з ЧПК DMG MORI CTX alpha 500; Прохідний різець T-Max P PCLNR 2525M 16; Свердло CroroDrill 870-3100-31LX125-5; Змінна головка для свердла 870-3100-31-PM 4334.</p>	<p>3-х кулачковий патрон</p>
<p>020 Токартна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Точити торець в розмір 17,6 мм. 2. Розточити отвір в розмір Ø31,7 мм. 3. Розточити канавку шириною 6 мм в розмір Ø42 мм. 4. Розточити фаску 1x45°. 5. Точити: точець в розмір 14,3 мм, фаску 3,3x45° та буртик Ø47. 6. Точити зовнішню поверхню в розмір Ø101 мм 		<p>Твердосплавна пластина CNMG 16 06 16-XMR; Розточна оправка CoroTurn 107 A16R-SVUBR 11-ERB1;</p>	

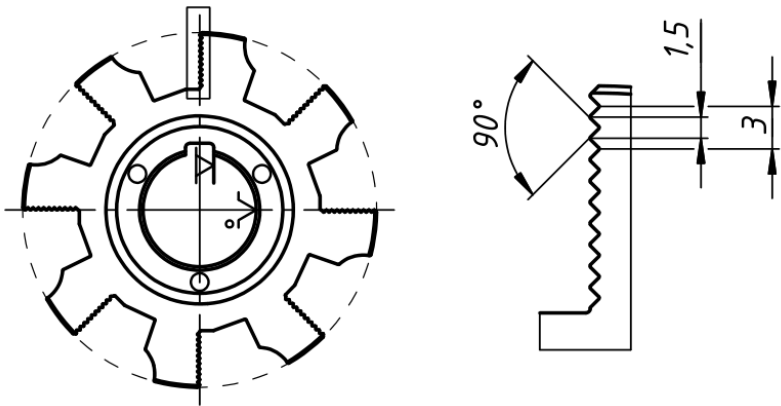
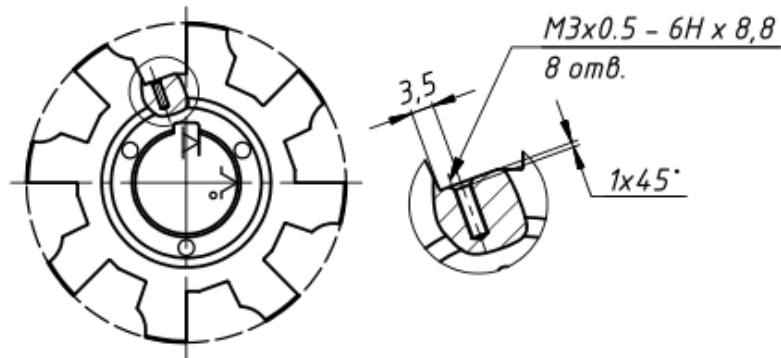
Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4
<p>025 Токарна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Точити торець в розмір 16.6 мм. 2. Розточити фаску 1x45°. 3. Точити: точець в розмір 10d10 мм, фаску 3,3x45°, буртик Ø47 мм. 4. Точити зовнішню поверхню в розмір Ø100 напрохід та 2 фаски 0,5x45°. 		<p>Токарний верстат з ЧПК DMG MORI CTX alpha 500; Розточна оправка CoroTurn 107 A16R-SVUBR 11-ERB1; Прохідний різець T-Max P PCLNR 2525M 16;</p>	<p>3-х кулачковий патрон</p>
<p>030 Горизонтально-протяжна</p> <p>Протягнути шпоночний паз 8N9.</p>		<p>Горизонтально протяжний верстат 7A523; Протяжка 2405-1063.І ГОСТ 18217-90.</p>	<p>Оправка циліндрична; адаптер.</p>

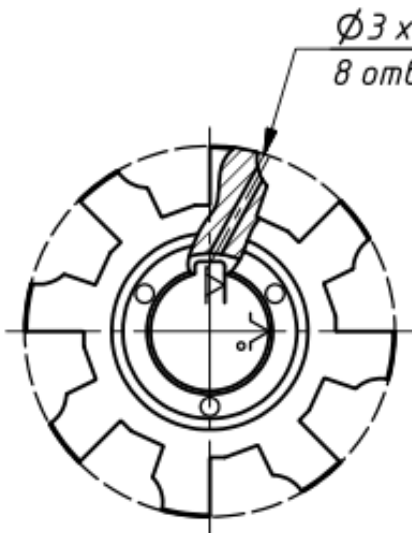
Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4
<p>035 Горизонтально-фрезерна з ЧПК</p> <p>1.Фрезерувати пази в розмір 4 мм.</p> <p>2.Фрезерувати пази в розмір 9,6 мм.</p> <p>3.Фрезерувати парзи під кутом 6°.</p>		<p>Горизонтально-фрезерний верстат з ЧПУ DMG MORI і 50; Вестороння дискова фреза CoroMill 331 R331.35C-080A32EM100; Тердосплавна пластина N331.1A-084508E-M30 4330;</p>	<p>Оправка лиліндрична; Ділильний прастрій;</p>
<p>040 Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <p>Фрезерувати радіуси R10.</p>		<p>Вертикально-фрезерний верстат DMG MORI DMC 635 V ecoline; Цільна кінцева фреза CoroMill Plura R215.H4-10050DAC03H 1610;</p>	<p>Оправка циліндрична.</p>

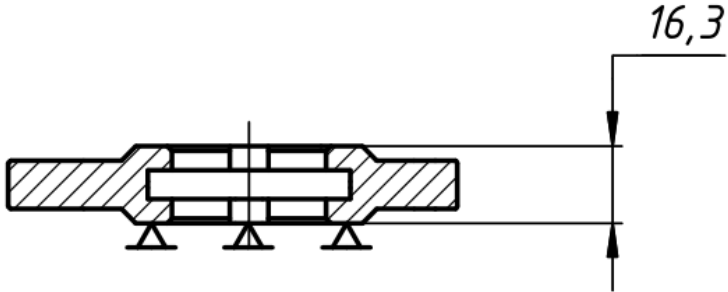
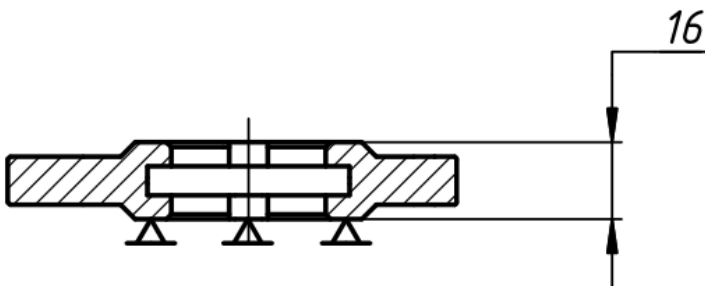
Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4
<p>045 Вертикально-протягувальна</p> <p>Протягнути рифлення в пазах</p>		<p>Вертикально протягувальний верстат МП7-1960; Протяжка для рифлень 1.5x0,6 мм.</p>	<p>Прийомування для закріплення деталі при протягуванні рифлень.</p>
<p>050 Токартна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Центрувати отвори. 2. Свердлити отвори М3х0,5 під різьбу на глибину 8,8 мм. 3. Нарізати різьбу М3х0,5. 		<p>Токарний верстат з ЧПК DMG MORI CTX alpha 500; Твердосплавне свердло 862.1-0250-020A1-GM GC34; Метчик М3х0,5 ГОСТ 3266-81;</p>	<p>Оправка циліндрична</p>

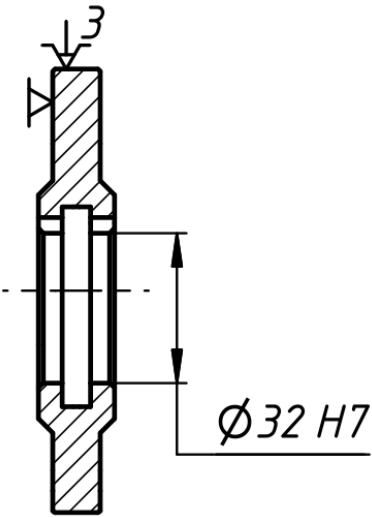
Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4
4.Свердлити отвори Ø3 мм наглибину 42,5 мм.		Твердосплавне свердло 861.1-0300-045A1-GM GC34.	
055 Термічна Гартувати і відпустити	-	Піч електрична	-
060 Піскоструменева Зняти окалину і нагар	-	Піскоструменевий автомат	-
065 Слюсарна Поновлення різьби	-	Стіл слюсарний	-

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4
<p>070 Плоскошліфувальна</p> <p>Шліфувати торець в розмір 16,3 мм</p>		<p>Плоскошліфувальний верстат 3Р63х12; Шліфувальний круг ПП 200х32х105 5А 50 СМ2 К5 35м/с.</p>	<p>Магнітна плита</p>
<p>075 Плоскошліфувальна</p> <p>Шліфувати торець в розмір 16 мм.</p>		<p>Плоскошліфувальний верстат 3Р63х12; Шліфувальний круг ПП 200х32х105 5А 50 СМ2 К5 35м/с.</p>	<p>Магнітна плита</p>

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4
<p>080 Внутрішньошліфувальна</p> <p>Шліфувати отвір Ø32H7 мм.</p>		<p>Внутрішньошліфувальний верстат 3K228МА; Шліфувальний круг ПП 30x30x15 5А 50 СМ2 К5 35м/с;</p>	<p>3-х кулачковий патрон</p>
<p>085 Розмагнічування</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	

4.3 Розрахунок припусків на механічну обробку

Визначити припуски на механічну обробку внутрішньої поверхні корпусу збірної фрези Ø32H7(+0,025), параметр шорсткості якої Ra 0,8 за методикою [4].

Заготовка отримується відрізанням з прутка прокату. Матеріал заготовки - сталь 40Х. Поверхня обробляється на токарному верстаті при базуванні заготовки по зовнішній поверхні та торцю у самоцентрувальномутрикулачковому патроні [8].

Механічна обробка заданої поверхні включає в себе наступні операції та переходи :

- свердління (12 квалітет);
- чорнове розточування (11 квалітет);
- чистове розточування (9 квалітет);
- шліфування (7 квалітет).

Свердління (12 квалітет)

Якість поверхні після свердління за [8] для діапазону діаметрів 18...50 мм складає:

$$R_z = 50 \text{ мкм}, h = 70 \text{ мкм}.$$

Сумарні відхилення розташування будуть складатися з відхилення уводу свердла $\Delta_{ув}$ при свердлінні та зміщення осі отвору відносно номінального положення $\Delta_{зм}$.

$$\Delta_{ув} = \Delta_y \cdot L, \quad (4.1)$$

де Δ_y – зміщення свердла при свердлінні, мкм/мм;

L – довжина отвору, мм;

Для діапазону діаметрів 18...30 мм величина $\Delta_y = 0,9$ мкм/мм за [8]

$$\Delta = \Delta_{ув} + \Delta_{зм} \quad (4.2)$$

Похибка установки при закріпленні в патроні за [8] для діапазону зовнішніх діаметрів деталі 80-120 мм в радіальному напрямку складає $\varepsilon = 450$ мкм (беремо як для прутка гарячекатаного підвищеної точності).

Чорнове розточування (11 квалітет)

Якість поверхні при чорновому розточуванні за [8] складає:

$$R_a = 6,3 \text{ мкм}, h = 30 \text{ мкм}.$$

Визначимо параметр шорсткості R_z за [4].

Тоді маємо: $R_z = 4R_a = 4 \cdot 6,3 = 25,2 \text{ мкм}$.

Приймаємо $R_z = 25 \text{ мкм}$.

Сумарним відхиленням розташування нехтуємо (воно становило 34 мкм на попередній операції, а після чорнового розточування стане значно менше).

Похибку установки як і для попередньої операції знаходимо за [8] і вона складає $\varepsilon = 80 \text{ мкм}$ (беремо як заготовки з вже обробленою базою).

Чистове розточування (9 квалітет)

Якість поверхні при чистовому розточуванні за [8] складає:

$$R_a = 3,2 \text{ мкм}, h = 20 \text{ мкм}. \quad (4.4)$$

Визначимо параметр шорсткості R_z за [4].

Маємо: $R_z = 4 \cdot R_a = 4 \cdot 3,2 = 12,8 \text{ мкм}$.

Приймаємо розрахункову величину $R_z = 13 \text{ мкм}$.

Похибка установки як і для попереднього переходу складатиме $\varepsilon = 80 \text{ мкм}$.

Шліфування (7 квалітет)

Якість поверхні при шліфуванні за [8] складає:

$$R_z = 0,8 \text{ мкм}, h = 15 \text{ мкм}.$$

Похибка установки як і для попередньої операції складатиме $\varepsilon = 80 \text{ мкм}$.

Розрахуємо величини мінімальних припусків для переходів за формулою:

$$2z_{\text{чорн розт min}} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (4.5)$$

$$2z_{\text{чист розт min}} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (4.6)$$

$$2z_{\text{шліф min}} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (4.6)$$

Розраховані значення вносимо до розрахункової табл. 21.5 і в відповідності до наведеного вище порядку розрахунку визначаємо всі граничні міжперехідні розміри та розміри заготовки.

Таблиця 4.2 – Припуски на обробку центрального отвору Ø32H7

Технологічні операції та переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мм				Розрахунковий припуск $2z_{i \min}$, мкм	Розрахунковий мінімальний розмір $d_{\min}(D_{\max i})$, мм	Допуск на виготовлення $IT_d(IT_D)$, мкм	Прийняті розміри по переходам, мм			
	R_{zi}	h_i	Δ_i	ε_i				$D_{\max i-1}$	$D_{\min i}$		
Свердління	50	70	34	450	-	31,115	250	31,000	30,750	-	-
Розточування чорнове	25	30	-	100	414	31,529	160	31,460	31,300	550	460
Розточування чистове	13	20	-	80	270	31,799	62	31,762	31,700	400	302
Шліфування	1,6	15	-	80	226	32,025	25	32,025	32,000	300	263
Разом:										1250	1025

Перевірка правильності розрахунків:

$$\sum 2z_{max\ i} - \sum 2z_{min\ i} = 1250 - 1025 = 225 \text{ мкм} \quad (4.7)$$

$$IT_{заг} - IT_{дет} = 250 - 25 = 225 \text{ мкм} \quad (4.8)$$

Оскільки отримані різниці значень співпадають, розрахунки зроблено правильно.

4.4 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання на операції 015 Токарна з ЧПК та 040 Вертикально-фрезерна з ЧПК

При побудові технологічного процесу з використанням верстатів з ЧПК для виготовлення корпусу фрези, було прийнято рішення використовувати сучасний інструмент компанії виробника *Sandvik Coromant*. Що дає можливість розрахунку режимів різання за допомогою онлайн сервісу *CoroPlus® ToolGuide*[14].

Розглянемо алгоритм налаштування для розрахунку режимів різання:

1. За допомогою онлайн каталогу виберемо необхідний інструмент;
2. Переходимо в розділ розрахунків режимів різання
3. Встановимо необхідний матеріал та його параметри;
4. Виконуємо вибір операції (наприклад точити торець);
5. Налаштуємо тим верстата;
6. Виконаємо налаштування параметрів заготовки та умов обробки;

В результаті отримаємо онлайн звіт рекомендованих режимів різання, часу на обробку, період стійкості інструменту та параметри твердосплавної пластини, що є найбільш оптимальні саме для даного інструменту (Додаток Б, Додаток В, Додаток Г).

Розрахунок режимів різання на операцію 030 Горизонтально-протяжна

Різальний інструмент - Протяжка 2405-1063.І ГОСТ 18217-90.

Визначимо швидкість різання за формулою [9]:

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot S_z^y}, \quad (4.9)$$

де T - період стійкості протяжки, хв ($T = 200$ хв.);

C_v - коефіцієнт залежний від якості оброблюваного матеріалу, матеріалу різальної частини, умов різання та інші;

S_z - подача на зуб, мм ($S_z = 0,07$ мм);

За [1] приймаємо значення $C_v = 8,6$, $m = 0,87$, та $y = 1,4$.

Отже:

$$V_p = \frac{8,6}{200^{0,87} \cdot 0,07^{1,4}} = 3,54 \text{ м/хв}$$

Розрахуємо силу різання при протягуванні за формулою [9]:

$$P_z = P \cdot \sum B \cdot K, \quad (4.10)$$

де P - сила різання на 1 мм довжини різальної кромки зуба ($P = 255$ Н);

$\sum B$ - найбільша сумарна довжина кромок зубів протяжки які ріжуть одночасно, мм;

K - поправочний коефіцієнт.

$$\sum B = B \cdot Z_p, \text{ мм} \quad (4.11)$$

де B – периметр різання ($B = 49,2$ мм);

Z_p – найбільше число зубів які одночасно оброблюють поверхню;

$$Z_p = \frac{l}{t}, \quad (4.12)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні ($l = 16,6$ мм);

t – крок зубів протяжки ($t=3,2$).

Поправочний коефіцієнт K , враховує геометрію протяжки, зношення різальної частини, умови різання визначаються за [9]:

$$K = K_a + K_y + K_h + K_o, \quad (4.13)$$

де $K_a + K_y$ – враховують передній та задній кут ($K_a = 1; K_y = 1$);

K_h - коефіцієнт який враховує зношення інструменту ($K_o = 1$);

K_o - коефіцієнт який умови роботи інструменту ($K_o = 1,34$).

Отже, сила різання при протягуванні рівна:

$$P_z = 65,08 \text{ kH}$$

Для оброблення при протягуванні необхідно виконання умови:

$$P_z \leq P$$

$P = 100 \text{ kH}$ – номінальна сила протягування верстата 7A523.

Так як:

$$65,08 \leq 100 \text{ kH}$$

Отже, необхідна умова для протягування виконується.

Визначаємо основний технологічний час:

$$T_o = \frac{L \cdot K}{1000 \cdot V_p} \quad (4.14)$$

де L - довжина робочого ходу, мм ($L = 880 \text{ мм}$);

K - коефіцієнт враховуючий зворотній хід ($K = 1,5$).

Отже:

$$T_o = \frac{880 \cdot 1,5}{1000 \cdot 3,54} = 0,37 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання на операцію 030 Горизонтально-протяжна

Різальний інструмент - Протяжка 2405-1063.I ГОСТ 18217-90.

Глибину шліфування приймаємо $t = 0,1$ мм за [9].

Величину подачі визначимо за [9]:

$$S_{\text{пр}} = \beta \cdot B, \quad (4.15)$$

де B - ширина шліфувального круга ($B = 32$ мм);

β - коефіцієнт шліфування ($\beta = 0,5$)

Тоді:

$$S_{\text{пр}} = 0,5 \cdot 32 = 16 \text{ мм}$$

Швидкість переміщення деталі визначимо за [9]:

$$V_d = \frac{C_v}{T^{0,7} \cdot \beta \cdot t^{0,75}}, \text{ мм/хв} \quad (4.16)$$

де C_v - коефіцієнт при шліфуванні ($C_v = 15,25$);

T - Період стійкості круга ($T = 40$ хв)

Отже:

$$V_d = \frac{15,25}{40^{0,7} \cdot 0,5 \cdot 0,1^{0,75}} = 12,98 \text{ мм/хв}$$

Число двійних ходів столу:

$$n_{cn} = \frac{1000 \cdot V_d}{2L}, \quad (4.17)$$

де L - Розрахунковий хід столу;

$$L = l + (20 - 30), \text{ мм} \quad (4.18)$$

де l - Довжина поверхні шліфування, мм ($l = 47 \text{ мм}$);

Отже:

$$L = 47 + 25 = 72 \text{ мм}$$

Тоді:

$$n_{cn} = \frac{1000 \cdot 12,98}{2 \cdot 72} = 90,14$$

Потужність шліфування визначається за формулою:

$$N_{\Sigma} = C_N \cdot V_d \cdot S_{\text{пр}}^{0,8} \cdot t^{0,8}, \text{ кВт} \quad (4.19)$$

де C_N - коефіцієнт при шліфуванні ($C_N = 0,76$);

Отже:

$$N_{\Xi} = 0,76 \cdot 12,98 \cdot 16^{0,8} \cdot 0,1^{0,8} = 14,37 \text{ кВт}$$

Необхідна потужність різання:

$$N_{\Pi} = \frac{N_{\Xi}}{\eta}, \text{ кВт} \quad (4.20)$$

де η - к.п.д. верстату ($\eta = 0,95$)

Отримаємо:

$$N_{\Pi} = \frac{14,37}{0,95} = 14,13 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт використання верстату по потужності:

$$K = \frac{N_{\Pi}}{N_{\text{СТ}}}, \text{ кВт} \quad (4.21)$$

де $N_{\text{СТ}}$ - потужність електродвигуна верстату, ($N_{\text{СТ}}=15,2 \text{ кВт}$);

Тоді:

$$K = \frac{14,13}{15,2} = 0,92$$

Визначаємо основний технологічний час:

$$T_o = \frac{2 \cdot L \cdot H \cdot h \cdot K}{S_{\text{пр}} \cdot n_K \cdot S_{\text{поп}} \cdot t} \quad (4.22)$$

- де H - ширина шліфування, ($H = 47$ мм);
 h - припуск на обробку, ($h = 0,3$ мм);
 $S_{\text{поп}}$ - поперечна подача, ($S_{\text{поп}} = 0,1$ мм/под.х.);
 K - коефіцієнт який враховує точність шліфування та зношення
 круга, ($K=1,4$);

Отже:

$$T_o = \frac{2 \cdot 72 \cdot 47 \cdot 0,3 \cdot 1,4}{16 \cdot 90 \cdot 0,1 \cdot 0,1} = 19,7 \text{ хв}$$

Режими різання на решту операцій, розраховуються за методикою наведеною в [9] та представлено в табл. 4.3

Таблиця 4.3 – Режими різання

Операція	t, мм	S, мм, мм/об, мм/дв.хід	V, м/хв	n, об/хв	To, хв:с
1	2	3	4	5	6
005 Заготівельна	1	0,25 мм	63	-	00:30
015 Токарна з ЧПК	1	0,4	284	822	00:05
	15,5	0,29	79,9	820	00:05
	2,4	0,35	324	938	00:03
020 Токарна з ЧПК	1	0,	284	822	00:05
	0,35	0,31	318	3190	00:03
	5,15	0,1	181	1880	00:04
	1	0,4	284	822	00:05
	2,4	0,35	324	938	00:05
025 Токарна з ЧПК	1	0,4	284	822	00:05
	1	0,1	181	1880	00:04
	5,15	0,1	181	1880	00:06
	1	0,4	284	822	00:05
030 Горизонтально-протяжна	3	0,35 мм/зуб	3,54	-	00:22
035 Горизонтально-фрезерна з ЧПК	16	0,25 мм/зуб	22,2	1210	2:24
040 Вертикально-фрезерна з ЧПК	10	0,11 мм/зуб	38,7	1480	6:03
045 Вертикально-протяжна	0,6	0,1 мм/зуб	5,2	-	00:15
050 Токартна з ЧПК	1,5	0,3	79,9	820	00:02
	1,3	0,1	103	1200	00:05
	0,1	0,5	42	400	00:25
	1,5	0,1	113	1200	00:05
070 Плоскошліфувальна	0,3	0,1 мм/дв.хід	35	-	19:42
075 Плоскошліфувальна					
080 Круглошліфувальна	0,3	0,05 мм/дв.хід	35	-	5:42

5 КОНСТРУКТОРСЬКА СКЛАДОВА

5.1 Розробка пристрою для протягування рифлень в корпусі фрез

В інструментальному виробництві протяжні станки використовують для оброблення отворів, шпонкових пазів та для утворення рифлень в корпусі збірних фрез. На довбальних станках як правило обробляють рифлення в радіальному напрямку [9].

Заготовка базується в пристосуванні (рис 5.1) установчим отвором, та торцем буртика на циліндричній оправці, поверхня пазу заготовки впирається у відкидний упор та притискається за допомогою гайки. Ділення відбувається шляхом віджиму гайки та відкидання упору та провертання заготовки. Регулювання положення заготовки відносно протяжки відбувається за допомогою пазів в плиті пристосування. Надійне базвання пристосування на столі верстата забезпечують прикріпні шпонки в пазах.

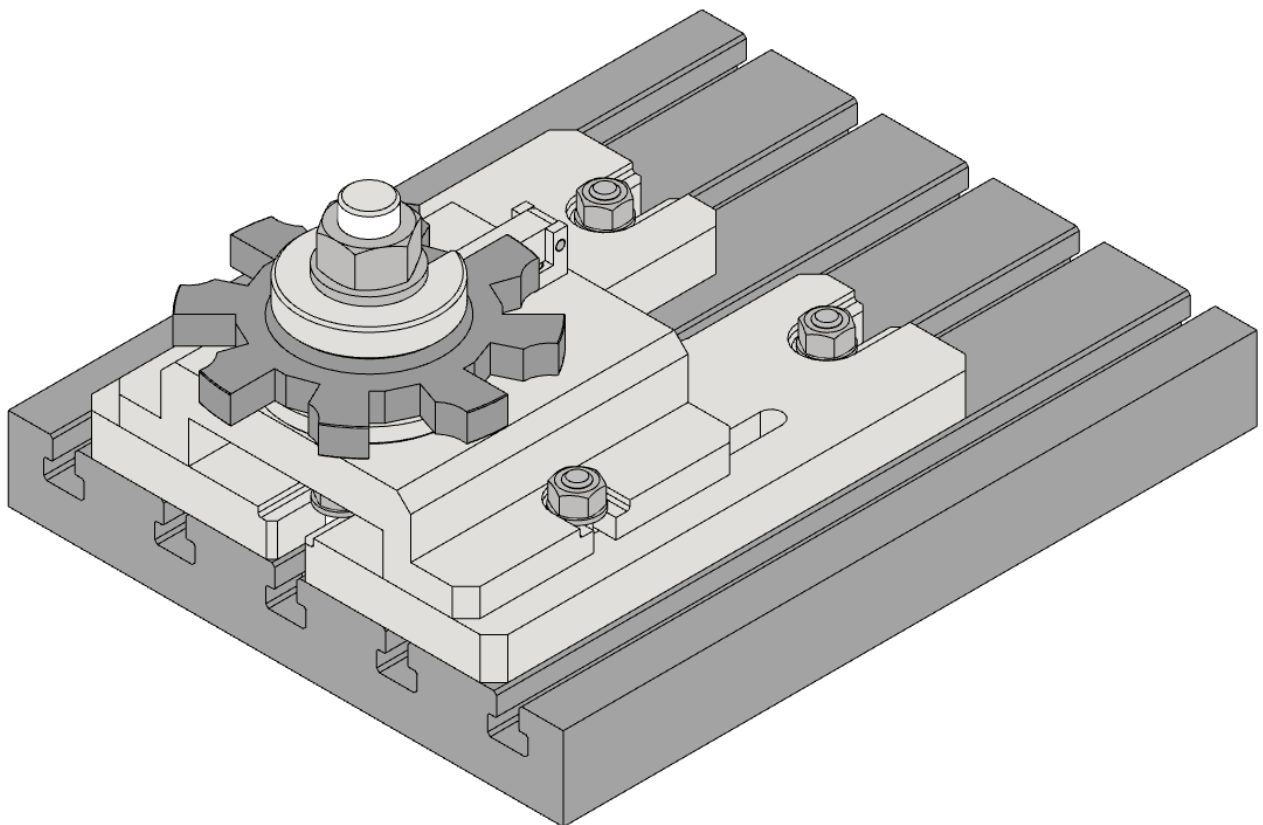


Рисунок 5.1 – Конструкція пристосування для протягування рифлень.

5.2 Визначення похибки базування

Для забезпечення визначеності базування до деталі прикладають зусилля, які повинні бути більші від сил, що прагнуть порушити її положення. Сили, що прикладені до деталі, повинні створювати силове замикання між деталями, які з'єднуються [9].

Схема базування – це теоретичне базування заготовки у пристрої, що проектується.

Схема базування виконується за конструктивними правилами:

1. Кількість проєкцій заготовки на схемі базування має бути достатньою для того, щоб мати чітку уяву про розташування опорних точок на базах;
2. Усі опорні точки на схемі базування нумерують арабськими цифрами. Нумерація розпочинається з тієї поверхні (бази), де опорних точок найбільше;
3. Якщо на будь-якій з проєкцій опорні точки накладаються одна на одну, то зображують одну а підписують обидві. Схема базування – схема розташування опорних точок на базах [10].

Виконаємо схему базування для проектного пристрою

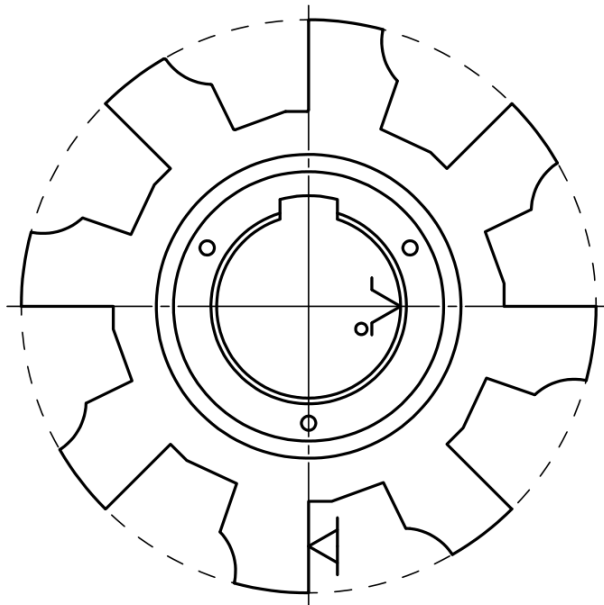


Рисунок 5.2 – Схема базування

Похибка базування являє собою відхилення фактичного положення встановленої в пристосування деталі від необхідного теоретичного і визначається як граничний допуск між вимірювальною та технологічною базами в напрямку оброблюваного розміру [9].

Закріплення заготовки відбувається на оправці з посадкою $\varnothing 32 \frac{H8}{h8}$

Для розрахунку похибки базування в такому випадку виконаємо за формулою [9]:

$$S_6 = S_r + \frac{IT_D}{2} + \frac{IT_d}{2} \quad (5.1)$$

де S_r – гарантований зазор (при посадці H/h $S_r = 0$);

$IT_D = 0,039$ мм – допуск на отвір заготовки;

IT_d – допуск на поверхню оправки (в даному випадку $IT_D = IT_d$).

Тоді, похибка базування рівна:

$$S_6 = 0.039 \text{ мм}$$

Для забезпечення точності оброблення необхідно виконання умови:

$$S_6 \leq T$$

$T = 0,07$ мм - допуск на відхилення рифлень по ГОСТ 2568—71.

Так як:

$$0,039 \leq 0,07 \text{ мм}$$

Отже, необхідна умова для забезпечення точності оброблення виконується.

5.3 Розрахунок сили різання

Розрахуємо силу різання при протягуванні за формулою [8]:

$$P_z = P \cdot \sum B \cdot K, \quad (5.2)$$

де P – сила різання на 1 мм довжини різальної кромки зуба ($P = 198$ Н);

$\sum B$ – найбільша сумарна довжина кромки зубів протяжки які ріжуть одночасно, мм;

K – поправочний коефіцієнт.

$$\sum B = B \cdot Z_p, \text{ мм} \quad (5.3)$$

де B – периметр різання ($B = 52$ мм);

Z_p – найбільше число зубів які одночасно оброблюють поверхню;

$$Z_p = \frac{l}{t}, \quad (5.4)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні ($l = 10$ мм);

t – крок зубів протяжки ($t=2,92$).

Поправочний коефіцієнт K , враховує геометрію протяжки, зношення різальної частини, умови різання визначаються за [8]:

$$K = K_a + K_y + K_h + K_o, \quad (5.5)$$

де $K_a + K_y$ – враховують передній та задній кут ($K_a = 1; K_y = 1$);

K_h - коефіцієнт який враховує зношення інструменту ($K_h = 1$);

K_o - коефіцієнт який умови роботи інструменту ($K_o = 1,34$).

Отже, сила різання при протягуванні рівна:

$$P_z = 46,78 \text{ kH}$$

Для оброблення при протягуванні необхідно виконання умови:

$$P_z \leq P$$

$P = 100 \text{ kH}$ – номінальна сила протягування верстата.

Так як:

$$46,78 \leq 100 \text{ kH}$$

Отже, необхідна умова для протягування виконується.

5.4 Визначення необхідної сили затиску

Визначимо необхідну силу затиску за формулою [11]:

$$Q = \frac{2kP_zD}{(D_1 + d)f'} \quad (5.6)$$

Де P_z – головна складова сили різання, Н ($P_z = 46780 \text{ Н}$);
 D – діаметр поверхні, що обробляється, мм ($D = 100 \text{ мм}$);
 D_1 – діаметр упорного бурта, мм ($D_1 = 60 \text{ мм}$);
 d – діаметр оправки, мм ($d = 32 \text{ мм}$);
 f – коефіцієнт тертя ($f \approx 0,25 \dots 0,6$);
 k – коефіцієнт запасу ($k = 1,2 \dots 1,5$);
 Q – сила, що прикладена до затискної тязі, Н.

Тоді необхідна сила затиску рівна:

$$Q = 6,1 \text{ кН}$$

5.5 Визначення параметрів механізму закріплення

В якості механізму закріплення використовується гвинт-гайка. Даний тип механізму використовують для пристосування з ручним закріпленням деталі.

Визначимо мінімальний необхідний діаметр різьби для закріплення здійснимо за формулою [11]:

$$d = c \sqrt{\frac{Q}{[\sigma]}} \quad (5.6)$$

де C - коефіцієнт, для різьби метричної $C=1,4$;

Q - необхідна сила затиску, Н;

$[\sigma]$ – допустиме напруження стиску (розтягу). Для сталі 45 $[\sigma]=80 - 90$ МПа.

Отже, мінімальний діаметр рівний:

$$d = 12,52 \text{ мм}$$

Приймаємо різьбу М16 для гвинт-гайка за [12].

6 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ НА ВЕРСТАТ З ЧПК

6.1 Вибір верстату з числовим програмним керуванням

Для виготовлення корпусу фрези використаємо універсальний токарний верстат *DMG MORI CTX alpha 500* однією із головних особливостей даного верстата є наявність числового програмного керування *SIEMENS* яке дозволяє більш якісно і продуктивно виготовляти деталі. В сучасному виробництві майже всі верстати оснащені ЧПК, щоб керувати такими верстатами достатньо написати код керуючої програми під необхідну систему яка керує верстатом і перенести його із цифрового носія на пульт керування верстату[19].

Таблиця 6.1 – Технічні характеристики верстату *DMG MORI CTX alpha 500*

Максимальний діаметр точіння	240 мм
Максимальна довжина заготовки при обробці в центрах	500 мм
Максимальна діаметр затискного патрона	225 мм
Максимальна частота обертання шпинделя	6 000 об / хв
Потужність (тривалість включення 100%)	13 кВт (АС)
Максимальний діаметр оброблюваного прутка	66 мм

6.2 Розробка керуючої програми на верстат з ЧПК

Для створення керуючої програми на верстат було прийнято використовувати систему автоматизованого проектування *Fusion 360* та систему автоматизованого виробництва *Fusion 360 Manufacture*. Програма містить бібліотеку в якій є можливість виконати вибір необхідного верстату, або створити конфігурацію свого верстату, виконавши налаштування технічних параметрів відповідно до необхідної моделі.

Для створеної 3D моделі корпусу спроектованого інструменту створюємо керуючу програму для однієї з операцій оброблення корпусу спроектованого інструменту.

Для початку роботи із системою автоматизованого виробництва необхідно імпортувати 3D модель в робоче середовище, далі необхідно задати тип операції (в даному випадку точіння), розміри заготовки, орієнтацію затискних елементів відносно деталі та орієнтацію системи координат верстату.

Наступним етапом розроблення керуючої програми буде створення переходу на операцію. Необхідно вибрати, який саме перехід буде виконуватись (наприклад точити торець), виконати вибір різального інструменту з бібліотеки інструментів (якщо необхідно створити свій інструмент за допомогою конфігуратора), задати необхідні режими різання та налаштувати додаткові параметри обробки (наприклад максимальна глибина одного проходу інструменту). Останнім етапом виберемо необхідний постпроцесор для верстату та виконаємо генерацію програми. Керуюча програма представлена в Додатку Ж.

На рис. 6.1 зображено траєкторію руху інструменту при переході точіння торцю заготовки.

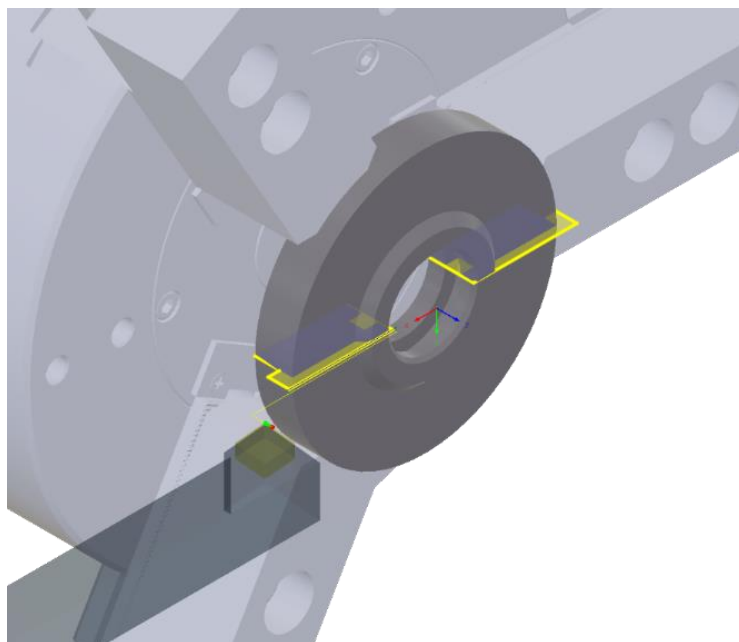


Рисунок 6.1 – Зображення переходу точіння торцю заготовки

На рис 6.2 зображено траєкторію руху інструменту при переході розточування отвору заготовки.

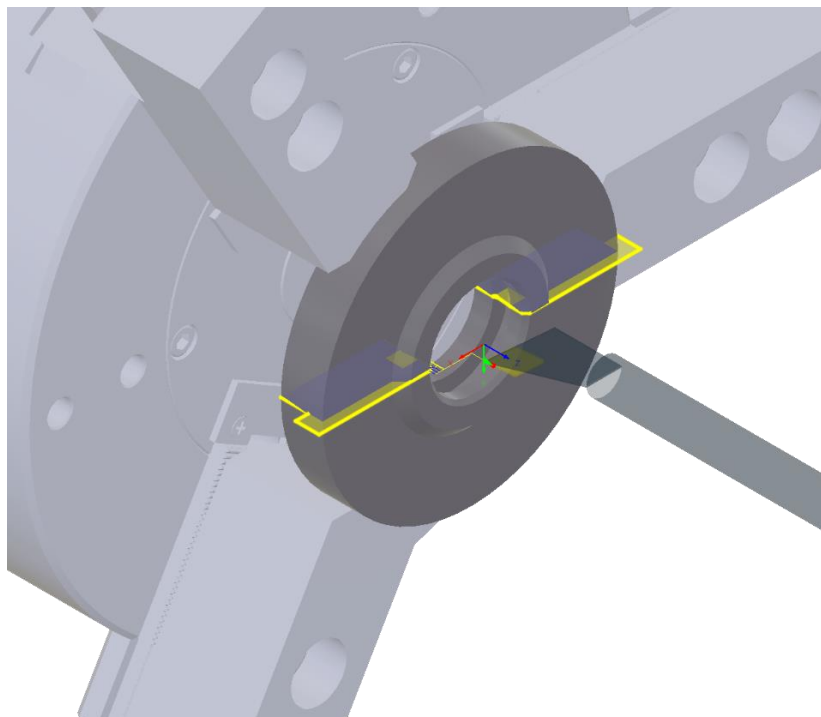


Рисунок 6.2 – Зображення переходу розточування отвору заготовки

На рис 6.3 зображена траєкторія руху інструменту при переході розточування канавки в отворі заготовки.

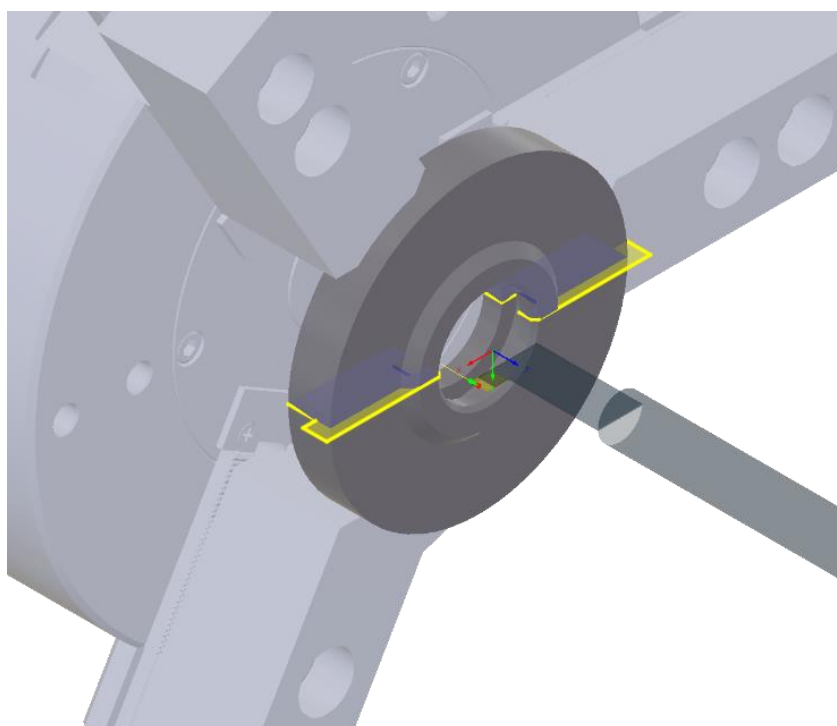


Рисунок 6.3 – Зображення переходу розточування канавки в отворі заготовки

На рис 6.4 зображено траєкторію руху інструменту при переході обточування буртика заготовки.

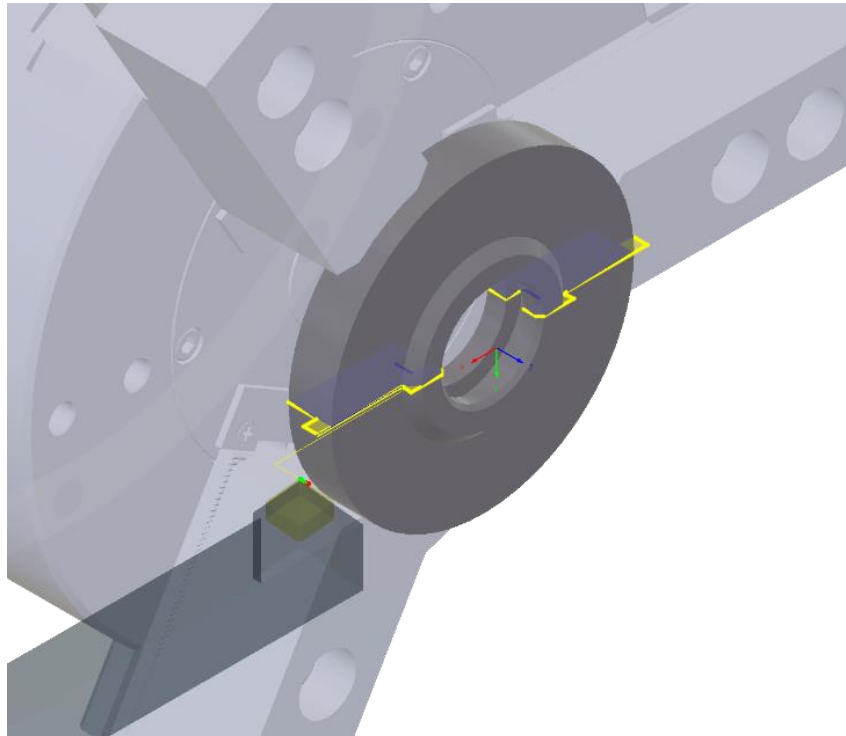


Рисунок 6.4 – Зображення переходу обточування буртика заготовки.

На Рис 6.5 зображено траєкторію руху інструменту при переході точіння фаски буртика заготовки.

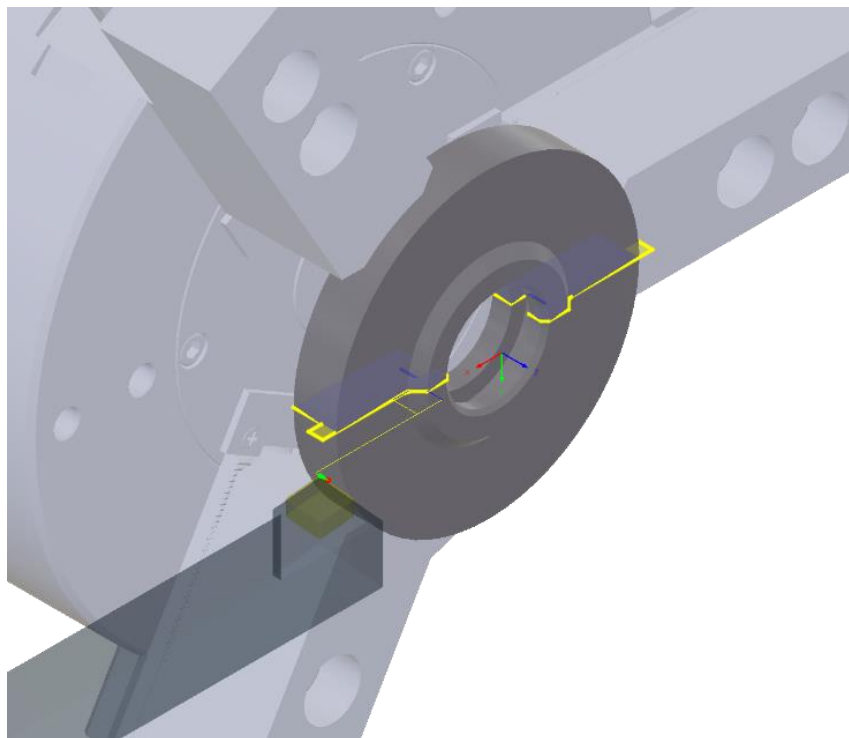


Рисунок 6.5 – Зображення переходу точіння фаски буртика заготовки

На Рис 6.6 зображена траекторія руху інструменту при переході точіння зовнішньої поверхні заготовки.

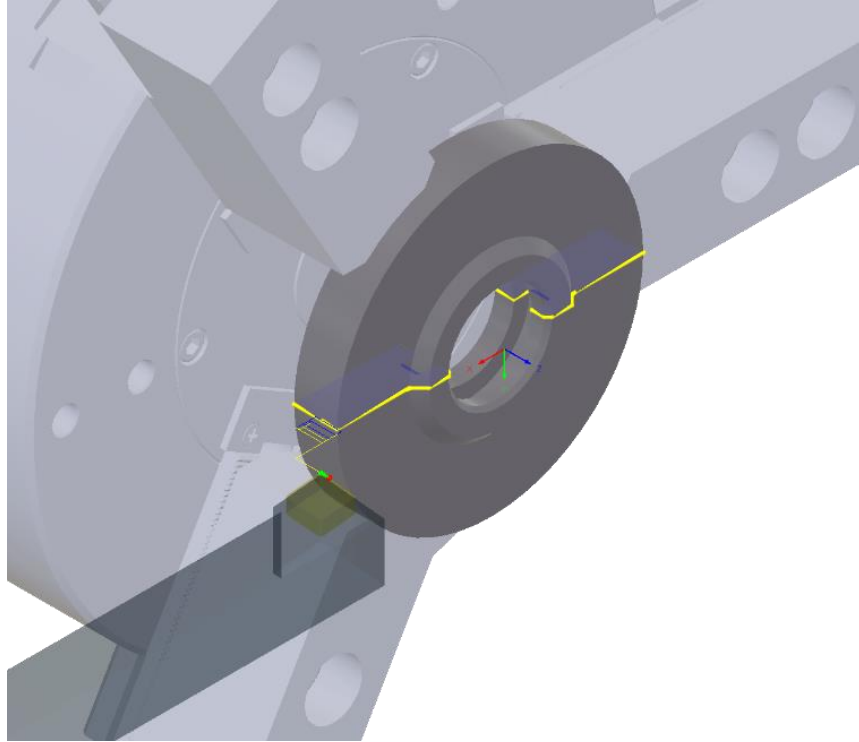


Рисунок 6.6 – Зображення переходу точіння зовнішньої поверхні заготовки

В результаті створення керуючої програми для операції 020 Токарна з ЧПК, отримано код керуючої програми для необхідного верстата з ЧПК (Додаток Ж) та траекторію руху інструменту при виконанні переходів відповідно до операції.

7 АНАЛІЗ ПОТОКУ МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНОЇ РІДИНИ

При обробці матеріалів з великими динамічними та статичними навантаженнями на інструмент, а також за рахунок тертя між поверхнями стружки та різального клину виникає нагрів зони різання. Для відведення тепла з неї використовують мастильно-охолоджувальні рідини, які за рахунок теплообміну знижують температуру до необхідної. Змащувальні властивості цих рідин дозволяють знизити основний чинник підвищення температури – тертя, тим самим знижують фрикційне зношення інструменту та ймовірність утворення задирів і пошкодження поверхонь заготовки та інструменту.

Серед способів підведення МОР найбільш точним та ефективним є підвід за допомогою внутрішніх каналів та порожнин інструменту, оскільки при такому способі підведення рідина потрапляє безпосередньо в зону різання, та ефективно виконує свої безпосередні функції. Для інструменту, що спроектовано використання даного способу підведення є найбільш продуктивним та економічно вигідним.

Для аналізу потоку МОР було використане програмне забезпечення *SolidWorks Flow Simulation* [12], що дозволяє провести симуляцію потоку рідини та проаналізувати швидкість потоку, характер його руху та тиск.

На рис 7.1 зображено як змінюється швидкість потоку при виході МОР із каналів, можливо поміти значне підвищення швидкості при виході аж до 47,760 м/с, це відбувається

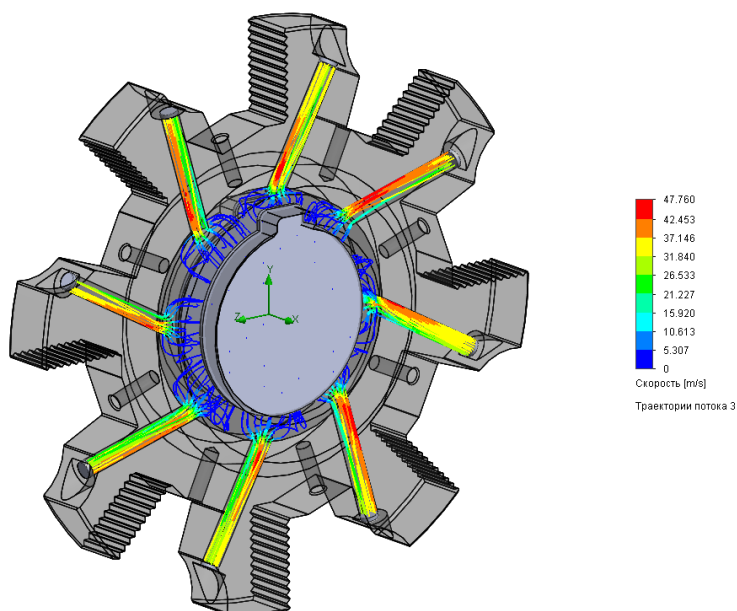


Рисунок 7.1 – Швидкість потоку МОР

На рис 7.2 зображено зниження тиску відносно початкової величини 80 МПа, аж до 62,8 МПа на прямому відрізку каналів для МОР. Слід зазначити що втрати тиску на виході становлять 21,5% від тиску який подається через верстат безпосередньо на інструмент.

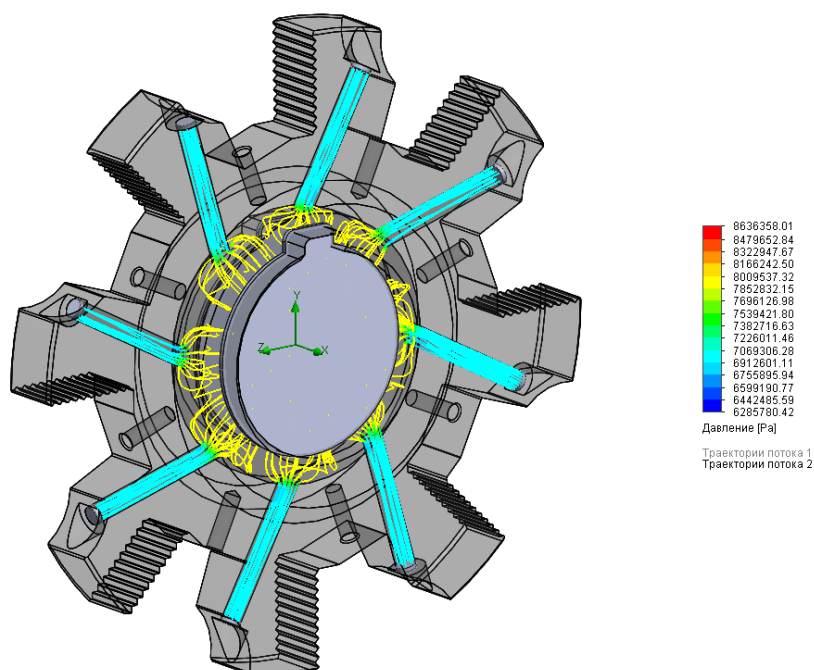


Рисунок 7.2 – Тиск потоку МОР

На рис 7.3 зображена щільність потоку в каналах для МОР, слід зазначити що вона є досить однорідною і становить 997,56 кг/м³.

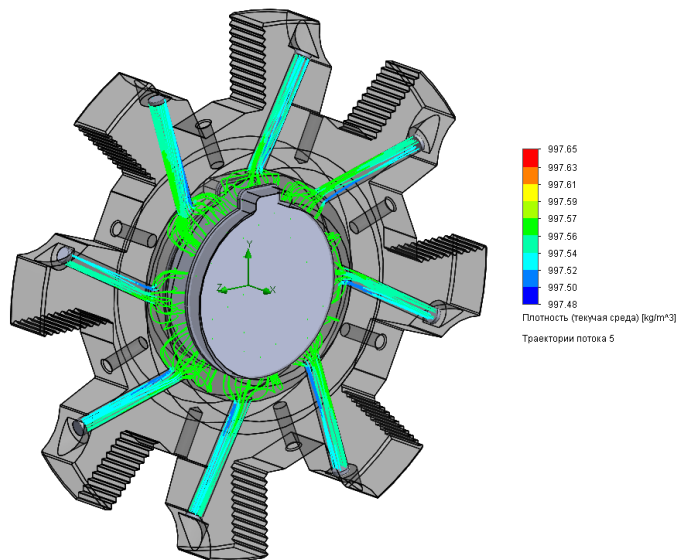


Рисунок 7.3 – Щільність потоку МОР

На рис 7.4 зображено характер руху потоку, який є досить однорідним за виключенням зони початку каналів для МОР, але дана неоднорідність є досить незначною тому не призводить до значних змін характеру потоку.

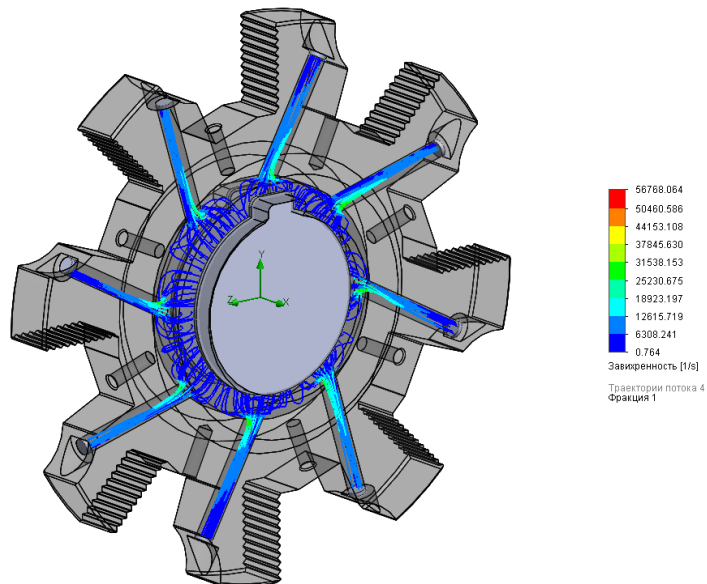


Рисунок 7.4 – Характер руху потоку МОР

Виконавши аналіз потоку можна зазначити, що такий споміб підведення МОР є досить продуктивним в тому плані, що за результатами видно, що втрати тиску є досить незначні а саме 21,5%. За допомогою збереження досить високого тиску МОР при обробці стає можливим підвищити швидкість відведення тепла та стружки із зони різання, що

призводить до збільшення періоду стійкості твердосплавних пластин та якості оброблюваної поверхні. Також це дає змогу використовувати більш потужні режими різання, що значно підвищує продуктивність розроблюваного інструменту при операції фрезерування довгих та глибоких відкритих пазів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование. Учебное пособие./ Под ред. Е. Э. Фельденштейна. – Мн.: Дизайн ПРО, 2002. – 320с., ил. ISBN 985-452-052-8.
2. Родин П. Р. Металлорежущие инструменты / П. Р. Родин. – Киев: Вища школа, 1986. – 455 с. – (3-е изд.).
3. Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні : навчальний посібник / В. О. Залога, В. Д. Гончаров, О. О. Залога; за заг. ред. В. О. Залого. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 371 с.
4. МОР [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Змашувально-охолоджувальні_рідини
5. САПР [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://wiki.tntu.edu.ua/САПР>.
6. Проектування та технологічне забезпечення інструментальних систем інженерного дизайну [Електронний ресурс] : Навчальний посібник для студентів технічних спеціальностей / В. І. Солодкий, Ю. І. Адаменко, В. В. Вовк, Н. В. Мініцька : КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 9,6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 225 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656 с., ил.
8. Расчет режимов резания при механической обработке металлов [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://supermetalloved.narod.ru/Books/Rashet_regimov_rezaniy_pri_mex_obr_met_allov/Rashet_regimov_rezaniy_pri_mex_obr_metallov.pdf
9. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений, Минск: Беларусь, 1991, р. 400.
10. ТЕХНОПОМ - Сайт для технологов - машиностроителей [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.technopom.narod.ru/pages/lecture/putting_mistake.html.

11. Р. С. Фаскиев та Е. В. Бондаренко, Проектирование приспособлений, 2006: ГОУ ОГУ, Оренбург.
12. SolidWorks Flow Simulati [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.solidworks.com/ru/product/solidworks-flow-simulation>.
13. Каталог [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://www.sandvik.coromant.com/SiteCollectionDocuments/downloads/ru/catalogues/sandvik_katalog.pdf.
14. CoroPlus® ToolGuide [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/Pages/toolguide.aspx>.
15. Сталь марки 50ХФА [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/50XFA.
16. Характеристика материала ТТ20К9 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=3027.
17. ГОСТ 28437-90 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://docs.cntd.ru/document/gost-28437-90>.
18. ГОСТ 28438-90 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://docs.cntd.ru/document/1200016333>.
19. DMG MORI CTX alpha 500 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://ru.dmgmori.com/products/machines/turning/universal-turning/ctx/ctx-alpha-500>.

ДОДАТКИ

Додаток А

Режимы резания для Прямой паз с двумя открытыми концами



Тема:

Контактное лицо:
Олег
thepanchenko@gmail.com
0668682886

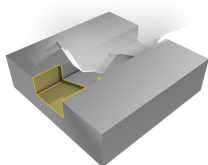
5/13/2020 8:31 PM

Режимы резания для Прямой паз с двумя открытыми концами

Подробнее о материале

MC, P2.1.Z.AN, Твёрдость: 175 HB, Группа материалов:P2.1.Z.AN

Подробнее операции



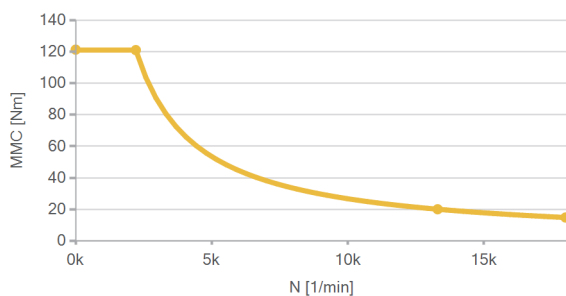
Прямой паз с двумя открытыми концами

Тип операции (CTPT)	чистовая обработка
Глубина элемента обработки (DEPTHMF)	25 mm
Ширина (WIDTH)	12 mm
Длина (LENGTH)	100 mm
Положение оси шпинделя относительно обрабатываемой поверхности (AXISSP)	ось вращения параллельна поверхности детали
Допуск на глубину резания, уступ (ALLOWS)	0.043 mm
Ra, боковые поверхности (RRA)	1.25 µm
Допуск на глубину резания, дно (ALLOWB)	0.1 mm
Ra, основание (RRA)	1.25 µm
Диаметр резания (DC)	100 mm

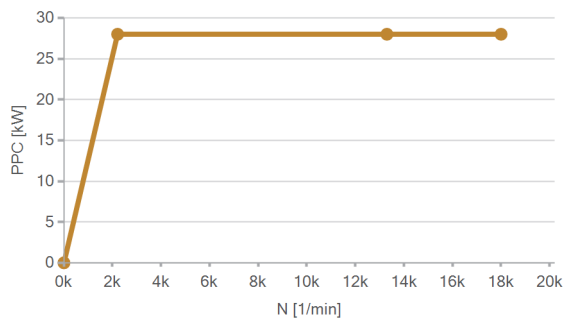
Станок

Универсальный обрабатывающий центр, стабильность крепления: Хорошая стабильность

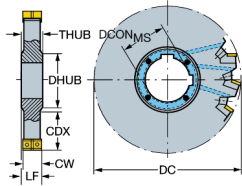
Шпиндель инструмента - Диаграмма для определения крутящего момента



Шпиндель инструмента - Диаграмма мощности

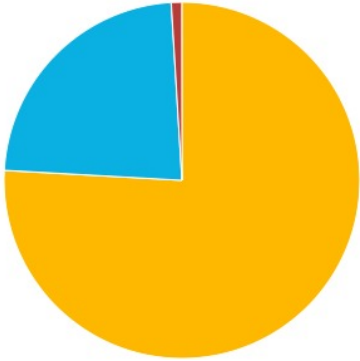


Рекомендуемое решение

		N331.32C-100S32EM		N331.1A-084508E-M30 4330	
					
Тип инструмента		Сменная	Инструмент	Периферийная пластина (A) INS_A	Периферийная пластина (B) INS_B
Операция		Фрезерование пазов дисковой фрезой			
Инструмент			N331.32C-100S32EM	N331.1A-084508E-M30 4330	N331.1A-084508E-M30 4330
Число деталей			1	4	4
Тип держателя		Arbor -ISO 240 -1 key drive - metric: 32			
Сплав		4330			
Тип СОЖ		наружный			
СОЖ		Эмульсия 10%			
Время обработки на элемент	мин:с	00:21.900			
Количество поверхностей		81.3			

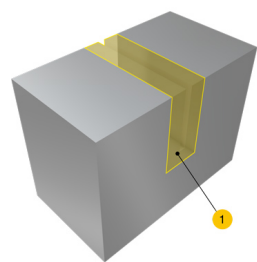
ЭКОНОМИЯ

Общее время обработки (ТССТ)	00:21.900	мин:с
Время обработки на элемент (TMF)	00:21.900	мин:с
Количество поверхностей (TLIFEC)	81.3	Поверхности
Затраты на режущие пластины (COST)	23.2	%
Затраты на инструмент (COST)	0.969	%
Затраты на станок (COST)	76.2	%
Затраты на поверхность (COST)	100	%



■ Затраты на инструмент = 0.963%
■ Затраты на режущие пластины = 23.1%
■ Затраты на станок = 75.8%

Режимы резания



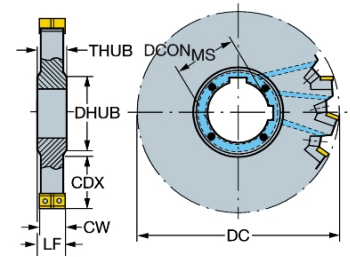
Пояснение

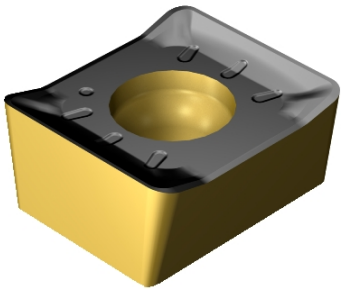
1 Чистовая обработка

	1	
Ширина фрезерования (AE)	25	mm
Глубина резания (AP)	12	mm
Число проходов в направлении AE (NOPAE)	1	
Число проходов в направлении AP (NOPAP)	1	
Скорость резания (VC)	289	m/min
Частота вращения шпинделя (N)	920	1/min
Подача на зуб (FZ)	0.139	mm
Подача на обрабатываемом диаметре (VFM)	511	mm/min
Мощность резания (PPC)	9.62	kW
Крутящий момент (MMC)	99.8	Nm
Скорость съёма материала (QQ)	153	cm3/min
Общее время обработки (TCCT)	00:21.900	мин:с
Стойкость, длина (TLIFEL)	15.17	m
Стойкость, время (TLIFET)	30	min

Информация о продукте

Описание		
Регулируемая всесторонняя дисковая фреза CoroMill® 331		
Код заказа		
ISO	N331.32C-100S32EM	
ANSI	N331.32C-100S32EM	
EDP		
Штрих-код	7323221987510	
CW	ширина резания	10 mm
CWN	min ширина резания	10 mm
CWX	max ширина резания	12 mm
PSW	ширина предварительно обработанного паза	0 mm
DC	диаметр резания	100 mm
CDX	max глубина резания	25.5 mm
CICCTOT	число режущих элементов	8
CUTINTMASTER	часть 2 ID интерфейса режущего элемента	CoroMill 331 -size 08 (N/R331.1A-08RE0.20-1.54)
ZEFP	число эффективных периферийных реж. кромок	4
ADINTMS	интерфейс со стороны станка	Arbor -ISO 240 -1 key drive - metric: 32
HAND	исполнение	N
CNSC	тип подвода СОЖ к инструменту	1: axial concentric entry
CP	давление СОЖ	80 bar
DCON	диаметр соединения	32 mm
DHUB	диаметр червячной фрезы	47 mm
THUB	ширина червячной фрезы	16 mm
DRVCT	число приводов	1
LF	функциональная длина	13 mm
LFN	min функциональная длина	13 mm
TQ	крутящий момент	1.2 Nm
RPMX	max частота вращения	15900 1/min
WT	масса элемента	0.371 kg
SEP	Sensor embedded property	0
LCS	статус жизненного цикла	20
RELEASEPACK	CoroPak	18.2





Описание		
Режущая пластина для трехсторонней дисковой фрезы CoroMill® 331		
Код заказа		
ISO	N331.1A-084508E-M30 4330	
ANSI	N331.1A-084508E-M30 4330	
EDP		
Штрих-код	7323221990114	
TMC1ISO	классификация материала, уровень 1	P;K
CUTINTSIZESHAPE	размер и форма пластины	CoroMill 331 -08
CEDC	число режущих кромок	4
W1	ширина пластины	9.5 mm
SC	форма пластины	L
LE	эффективная длина режущей кромки	7.7 mm
BS	длина кромки Wiper	1.2 mm
RE	радиус при вершине	0.8 mm
KRINS	угол между главной режущей кромкой и wiper	90 deg
BN	ширина передней фаски	0.18 mm
GB	угол торцевой режущей кромки сверла	-6 deg
HAND	исполнение	N
GRADE	сплав	4330
SUBSTRATE	основа сплава	HC
COATING	покрытие	CVD TiCN+AL2O3+TiN
S	толщина пластины	4.5 mm
WT	масса элемента	0.004 kg
APMX	max глубина резания	7.7 mm
SEP	Sensor embedded property	0
LCS	статус жизненного цикла	20
RELEASEPACK	CoroPak	18.2
TMC1ISO	классификация материала, уровень 1	P;K
CUTINTSIZESHAPE	размер и форма пластины	CoroMill 331 -08
CEDC	число режущих кромок	4
W1	ширина пластины	9.5 mm
SC	форма пластины	L
LE	эффективная длина режущей кромки	7.7 mm
BS	длина кромки Wiper	1.2 mm
RE	радиус при вершине	0.8 mm
KRINS	угол между главной режущей кромкой и wiper	90 deg
BN	ширина передней фаски	0.18 mm
GB	угол торцевой режущей кромки сверла	-6 deg
HAND	исполнение	N
GRADE	сплав	4330
SUBSTRATE	основа сплава	HC
COATING	покрытие	CVD TiCN+AL2O3+TiN
S	толщина пластины	4.5 mm
WT	масса элемента	0.004 kg
APMX	max глубина резания	7.7 mm
SEP	Sensor embedded property	0
LCS	статус жизненного цикла	20
RELEASEPACK	CoroPak	18.2

Официальное уведомление

Предоставляемые данные используются на ваш страх и риск. Компания AB Sandvik Coromant не гарантирует применимость и функциональность программы и, в особенности, точность расчетов. Компания AB Sandvik Coromant не принимает на себя ответственность за безотказное и безошибочное использование программы. Пользователь принимает на себя все риски использования.

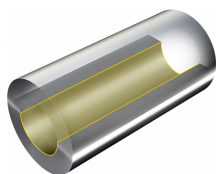
Ни компания Sandvik Coromant, ни ее персонал не несут ответственности перед пользователем за любые повреждения, неудобства и издержки, включая любой финансовый ущерб, потерю данных и т. п., возникающие у пользователя или у третьей стороны вследствие или в связи с использованием или невозможностью использования программы. Это исключение ответственности не применяется в случаях, когда (и в той мере насколько) такие повреждения, неудобства и издержки вызваны намеренно или по причине крайней небрежности персонала компании Sandvik Coromant.

Режимы резания для Отверстие в детали вращения

Подробно о материале

МС, P2.1.Z.AN, Твёрдость: 250 HB, Группа материалов: P2.1.Z.AN

Подробности операции



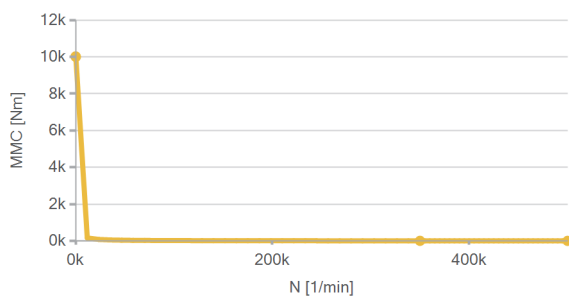
Отверстие в детали вращения

Способность выполнять сквозные отверстия (THFP)	Да
Обрабатываемый диаметр (DM)	31 mm
Точность отверстия (TCHA)	
Глубина элемента обработки (DEPTHMF)	19 mm

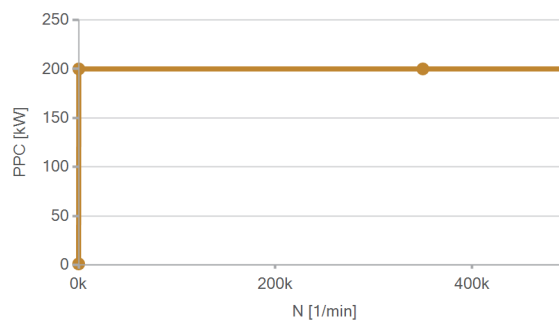
Станок

Универсальный высокопроизводительный станок, стабильность крепления: Превосходная стабильность

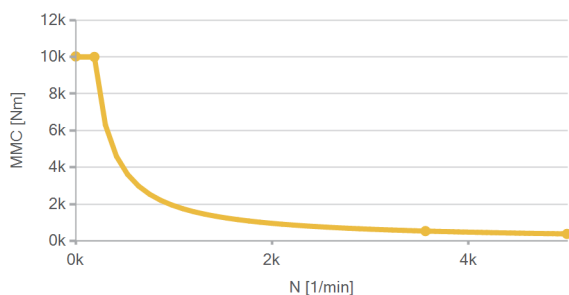
Шпиндель инструмента - Диаграмма для определения крутящего момента



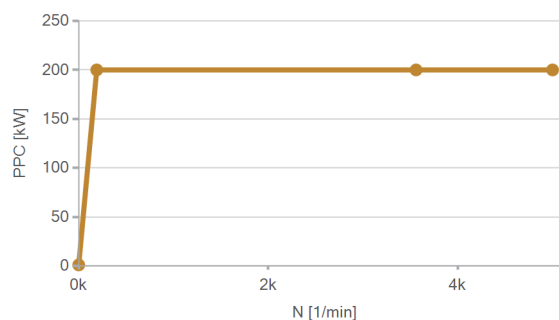
Шпиндель инструмента - Диаграмма мощности



Главный шпиндель - Диаграмма для определения крутящего момента



Главный шпиндель - Диаграмма мощности

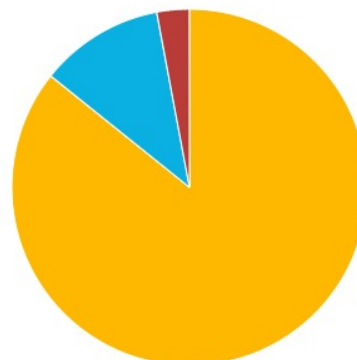


Рекомендуемое решение

			870-3100-31LX125-5	870-3100-31-PM 4334
Тип инструмента (ASMTYPE)		Сменная	Инструмент	Пластина
Операция (SUBOPSEQ)		Сверление свёрлами с монолитной режущей частью.		
Инструмент (TOOL)			870-3100-31LX125-5	870-3100-31-PM 4334
Число деталей (#)			1	1
Тип держателя (ADINTMS)		Cylindrical shank (ISO9766 drill shank with flange) -inch: 1 1/4		
Сплав (GRADE)		4334		
Тип СОЖ (COOLSTL)		внутренний		
СОЖ (COOLT)		Масло		
Время обработки на элемент (TMF)	мин:с	00:05,964		
Число отверстий (TLIFEC)		3800		
Диаметр резания (DC)	mm	31		
Число зубьев (ZEFF)		2		
Рабочая длина (LU)	mm	170,09		

ЭКОНОМИЯ

Общее время обработки (TCCT)	00:05,928	мин:с
Общее вспомогательное время (TNCT)	00:00,036	мин:с
Время обработки на элемент (TMF)	00:05,964	мин:с
Количество поверхностей (TLIFEC)	3800	Поверхности
Затраты на режущие пластины (COST)	11,3	%
Затраты на инструмент (COST)	2,95	%
Затраты на станок (COST)	85,8	%
Затраты на поверхность (COST)	100	%

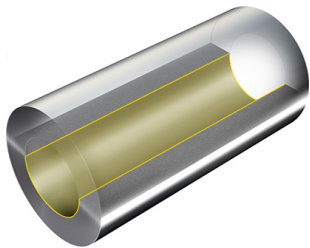


■ Затраты на инструмент = 2.95%
■ Затраты на режущие пластины = 11.3%
■ Затраты на станок = 85.8%

Режимы резания

	1	
Скорость резания (VC)	79,9	m/min
Частота вращения шпинделя (N)	820	1/min
Подача на оборот (FN)	0,293	mm
Минутная подача (VF)	240	mm/min
Стойкость, длина (TLIFEL)	72,24	m
Стойкость, время (TLIFET)	300	min
Мощность резания (PPC)	11,4	kW
Крутящий момент (MMC)	132	Nm
Усилие подачи (FFF)	6720	N
Глубина (DEPTH)	19	mm

1 Сверление сверлами с симметричной вершиной



Пределы

Данные

Обрабатываемый диаметр (DM)	31 mm
Точность отверстия (TCHN)	

Данные - инструмент

Диаметр резания (DC)	31 mm
Точность отверстия (TCHN)	H9
Класс точности отверстий	0,062 / 0 mm

31  31.062

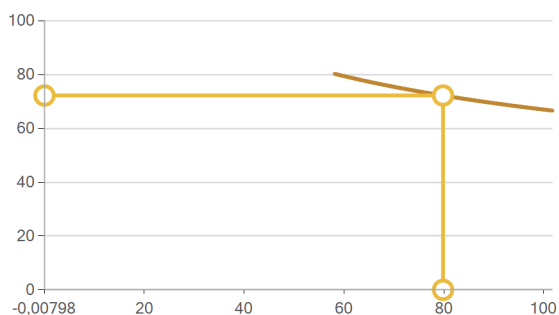
■ Суммарный допуск на сверло

Стойкость

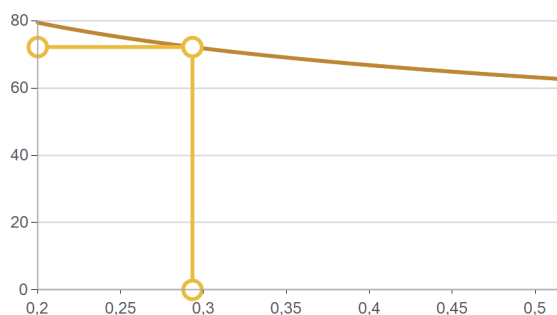
Данные

Скорость резания (VC)	79,9 m/min
Подача на оборот (FN)	0,293 mm
Число отверстий (TLIFEC)	3800 Отверстия
Стойкость, время (TLIFET)	300 min
Стойкость, длина (TLIFEL)	72,24 m
Частота вращения шпинделя (N)	820 1/min

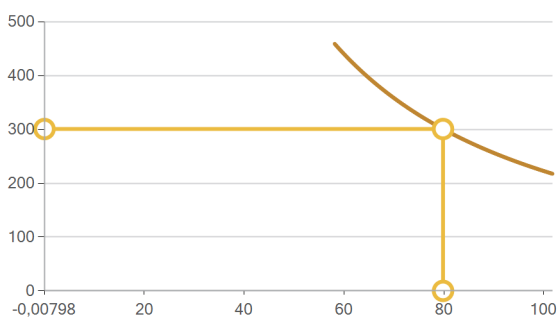
Стойкость, длина [m] vs VC [m/min]



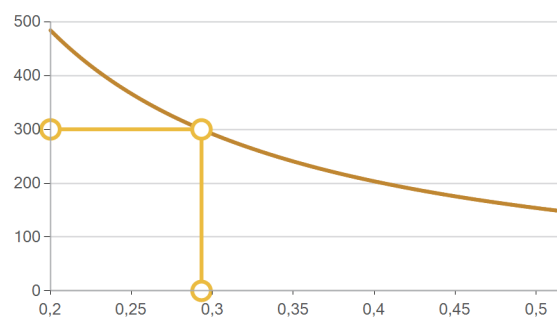
Стойкость, длина [m] vs FN [mm]



Стойкость, время [min] vs VC [m/min]

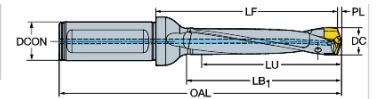


Стойкость, время [min] vs FN [mm]



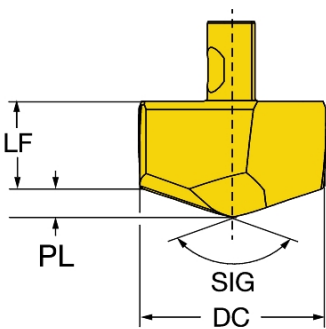
Информация о продукте

Описание		
Сверло CoroDrill® 870 со сменной головкой		
Код заказа		
ISO	870-3100-31LX125-5	
ANSI	870-3100-31LX125-5	
EDP		
Штрих-код	26426020	
DCN	min диаметр резания	31 mm
DCX	max диаметр резания	33 mm
MTP	типа закрепления	C
CUTINTMASTER	часть 2 ID интерфейса режущего элемента	CoroDrill 870-3300-31-PM
TCHA	точность отверстия	H9
LU	рабочая длина	170.09 mm
ULDR	отношение рабочей длины к диаметру	5.1542
ADINTMS	интерфейс со стороны станка	Cylindrical shank (ISO9766 drill shank) -inch: 1 1/4
CNSC	тип подвода СОЖ к инструменту	1: axial concentric entry
CP	давление СОЖ	10 bar
DCON	диаметр соединения	31.75 mm
PL	высота режущей части	5.08 mm
OAL	общая длина	260 mm
LF1	функциональная длина	194.92 mm
LB1	длина корпуса	174 mm
RPMX	max частота вращения	9500 1/min
WT	масса элемента	1.069 kg
SEP	Sensor embedded property	0
TQ	крутящий момент	3 Nm
LCS	статус жизненного цикла	20
RELEASEPACK	CoroPak	14.1





Описание		
Сменная головка для сверла CoroDrill® 870		
Код заказа		
ISO	870-3100-31-PM 4334	
ANSI	870-3100-31-PM 4334	
EDP		
Штрих-код	7323222164187	
TMC1ISO	классификация материала, уровень 1	P;M;K;N;S
IFS	тип крепления пластины	0
CUTINTSIZESHAPE	размер и форма пластины	CoroDrill 870 -size 31
CEDC	число режущих кромок	1
DC	диаметр резания	31 mm
TCHA	точность отверстия	H9
SIG	угол при вершине	142 deg
HAND	исполнение	R
GRADE	сплав	4334
SUBSTRATE	основа сплава	HC
COATING	покрытие	PVD TIALN
PL	высота режущей части	4.75 mm
NORGMX	тах число переточек	0
LF	функциональная длина	14.75 mm
WT	масса элемента	0.066 kg
SEP	Sensor embedded property	0
LCS	статус жизненного цикла	20
RELEASEPACK	CoroPak	18.2

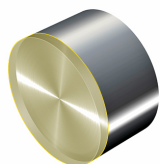


Режимы резания для Обработка торца прутка

Подробно о материале

MC, P2.1.Z.AN, Твёрдость: 250 HB, Группа материалов:P2.1.Z.AN

Подробности операции



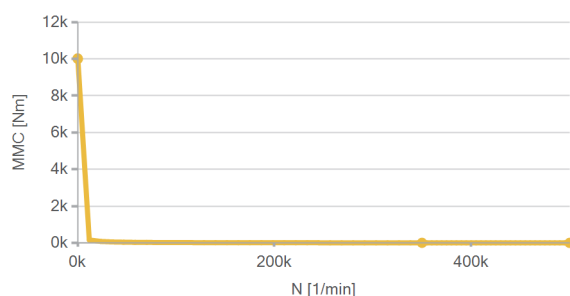
Обработка торца прутка

Обрабатываемый диаметр (DMS)	110 mm
Ширина (WIDTH)	1 mm
Шероховатость Ra на торцевой поверхности (RRA)	3,2 μm
Тип операции (CTPT)	черновая и чистовая обработка
Состояние поверхности заготовки (WKPSCC)	Предварительно обработанная
Условия резания (CUTCC)	Непрерывное резание

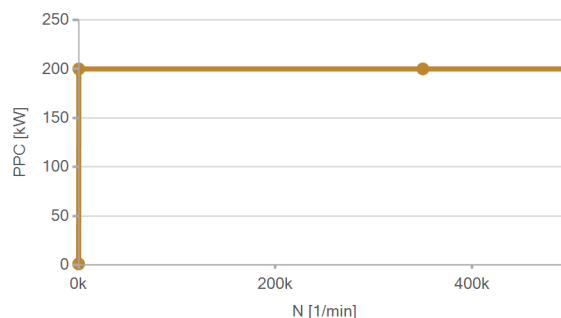
Станок

Универсальный высокопроизводительный станок, стабильность крепления: Превосходная стабильность

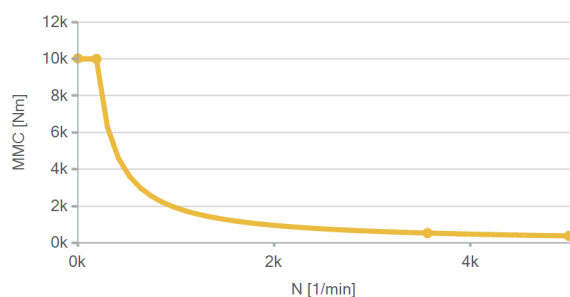
Шпиндель инструмента - Диаграмма для определения крутящего момента



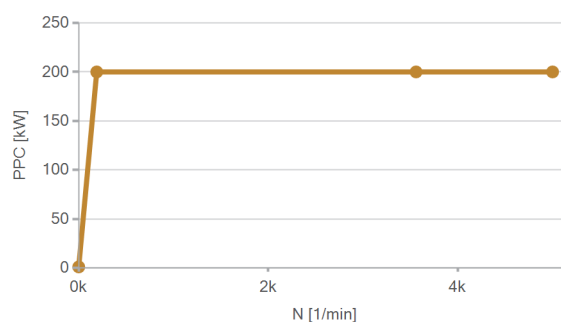
Шпиндель инструмента - Диаграмма мощности



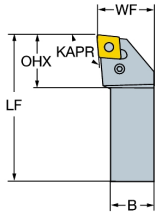
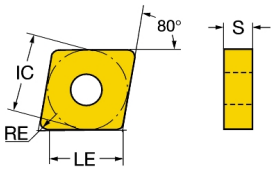
Главный шпиндель - Диаграмма для определения крутящего момента



Главный шпиндель - Диаграмма мощности

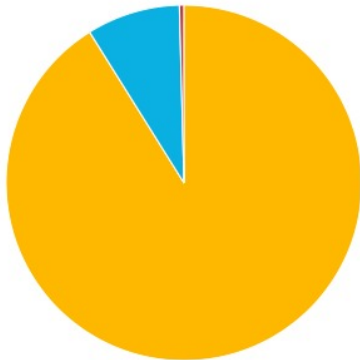


Рекомендуемое решение

			PCLNR 2525M 16	CNMG 16 06 16-PM 4315
				
Тип инструмента (ASMTYPE)		Сменная	Инструмент	Пластина
Операция (SUBOPSEQ)		Точение наружное, только подрезка торца		
Инструмент (TOOL)			PCLNR 2525M 16	CNMG 16 06 16-PM 4315
Число деталей (#)			1	1
Тип держателя (ADINTMS)		Rectangular shank -metric: 25 x 25		
Сплав (GRADE)		4315		
Тип СОЖ (COOLSTL)		наружный		
СОЖ (COOLT)		Эмульсия 10%		
Время обработки на элемент (TMF)	мин:с	00:05,202		
Количество поверхностей (TLIFEC)		177		

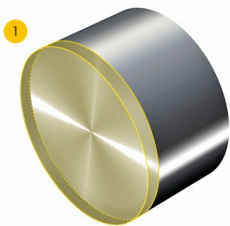
ЭКОНОМИЯ

Общее время обработки (TCCT)	00:05,052	мин:с
Общее вспомогательное время (TNCT)	00:00,150	мин:с
Время обработки на элемент (TMF)	00:05,202	мин:с
Количество поверхностей (TLIFEC)	177	Поверхности
Затраты на режущие пластины (COST)	8,52	%
Затраты на инструмент (COST)	0,406	%
Затраты на станок (COST)	90,9	%
Затраты на поверхность (COST)	100	%



■ Затраты на инструмент = 0.403%
■ Затраты на режущие пластины = 8.49%
■ Затраты на станок = 91.2%

Режимы резания



Пояснение



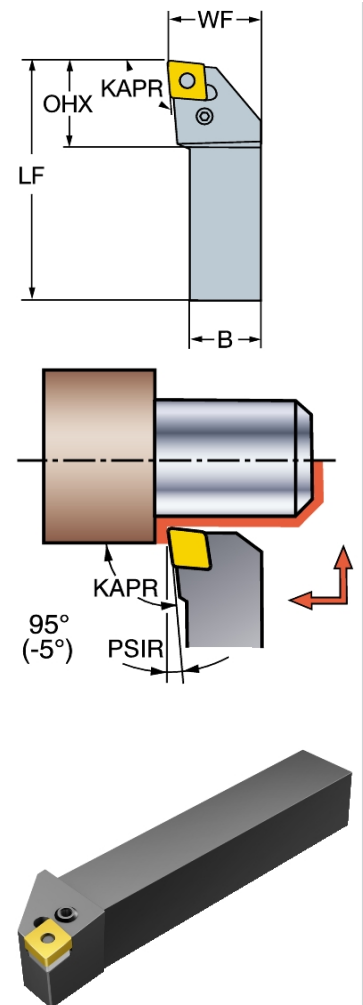
Чистовая обработка



Скорость резания (VC)	284 m/min
Подача на оборот (FN)	0,408 mm
Частота вращения шпинделя (N)	822 1/min
Число проходов в направлении AP (NOPAP)	1
Глубина резания (AP)	1 mm
Мах частота вращения (RPM MAX)	5000 1/min
Максимальная мощность резания (PC MAX)	4,35 kW
Мах крутящий момент (MC MAX)	50,6 Nm
Стойкость, время (LIFETIME)	15 min
Стойкость, длина (LIFELENGTH)	4230,59 m

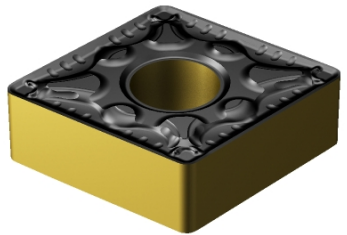
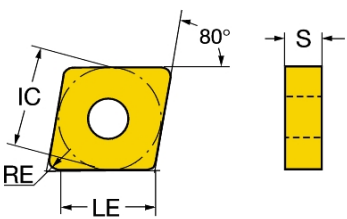
Информация о продукте

Описание		
Призматическая державка T-Max® P для точения		
Код заказа		
ISO	PCLNR 2525M 16	
ANSI	PCLNR 2525M 16	
EDP		
Штрих-код	10157906	
KAPR	главный угол в плане	95 deg
PSIR	главный угол в плане (дюйм.)	-5 deg
MTP	типа закрепления	P
CUTINTMASTER	часть 2 ID интерфейса режущего элемента	CNMG 160612
ADINTMS	интерфейс со стороны станка	Rectangular shank -metric: 25 x 25
RMPX	max угол врезания	0 deg
BAWS	угол корпуса со стороны заготовки	0 deg
BAMS	угол корпуса со стороны станка	0 deg
OHX	max вылет	33.9 mm
HAND	исполнение	R
DPC	демпфирующие свойства	False
CNSC	тип подвода СОЖ к инструменту	0: without coolant
CXSC	тип подвода СОЖ к зоне резания	0: no coolant exit
DCON	диаметр соединения	mm
B	ширина хвостовика	25 mm
H	высота хвостовика	25 mm
LF	функциональная длина	150 mm
WF	функциональная ширина	32 mm
HF	функциональная высота	25 mm
GAMO	главный передний угол ортогональный	-6 deg
LAMS	угол наклона	-6 deg
TQ	крутящий момент	5 Nm
BMC	материал корпуса	Steel
MIIDM	эталонная пластина	CNMG 16 06 12
WT	масса элемента	0.699 kg
SEP	Sensor embedded property	0
LCS	статус жизненного цикла	20
RELEASEPACK	CoroPak	78.1





Описание		
Режущая пластина T-Max® P для точения		
Код заказа		
ISO	CNMG 16 06 16-PM	4315
ANSI	CNMG 544-PM	4315
EDP		
Штрих-код	26612912	
TMC1ISO	классификация материала, уровень 1	P;K
IFS	тип крепления пластины	2
CUTINTSIZESHAPE	размер и форма пластины	CN1606
CEDC	число режущих кромок	4
IC	диаметр вписанной окружности	15.875 mm
SC	форма пластины	C
LE	эффективная длина режущей кромки	14.5199 mm
RE	радиус при вершине	1.5875 mm
WEP	наличие кромки Wiper	False
HAND	исполнение	N
GRADE	сплав	4315
SUBSTRATE	основа сплава	HC
COATING	покрытие	CVD TiCN+TiCN+TiN
S	толщина пластины	6.35 mm
AN	задний угол главный	0 deg
WT	масса элемента	0.02 kg
SEP	Sensor embedded property	0
LCS	статус жизненного цикла	20
RELEASEPACK	CoroPak	14.2

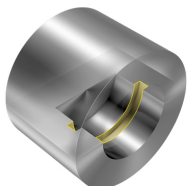


Режимы резания для Внутренняя канавка

Подробно о материале

МС, P2.1.Z.AN, Твёрдость: 175 HB, Группа материалов:P2.1.Z.AN

Подробности операции



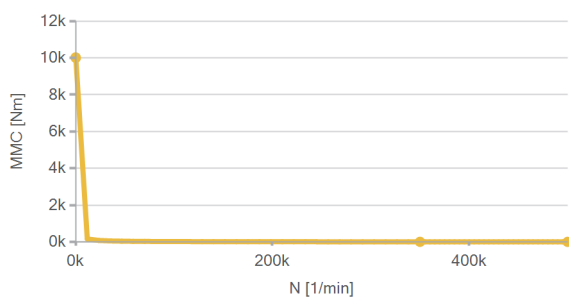
Внутренняя канавка

Обрабатываемый диаметр (DMS)	31,7 mm
Обработанный диаметр (DME)	42 mm
Глубина (DEPTH)	11 mm
Обрабатываемая ширина (WIDTHMF)	6 mm
Условия резания (CUTCC)	Непрерывное резание
Состояние поверхности заготовки (WKPSCC)	Предварительно обработанная

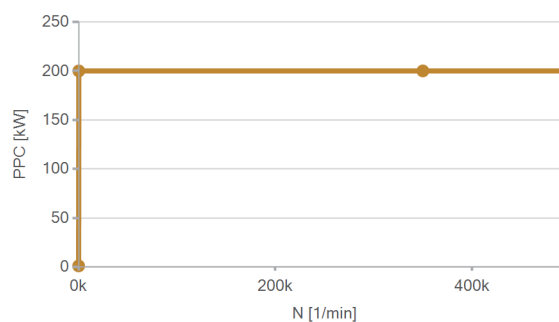
Станок

Универсальный высокопроизводительный станок, стабильность крепления: Превосходная стабильность

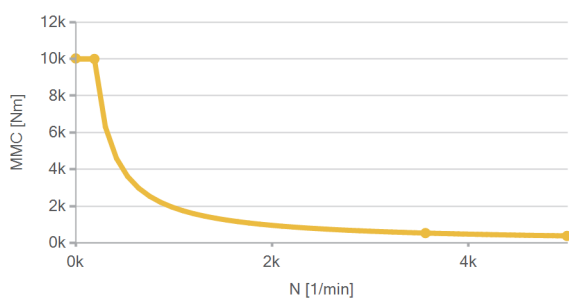
Шпиндель инструмента - Диаграмма для определения крутящего момента



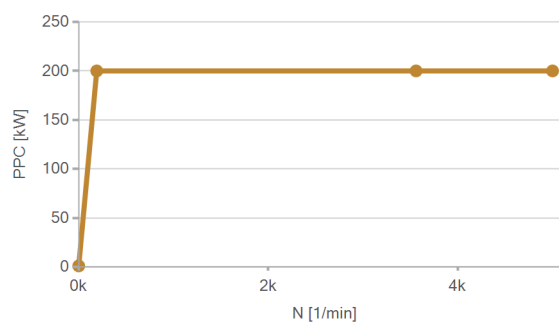
Шпиндель инструмента - Диаграмма мощности



Главный шпиндель - Диаграмма для определения крутящего момента



Главный шпиндель - Диаграмма мощности

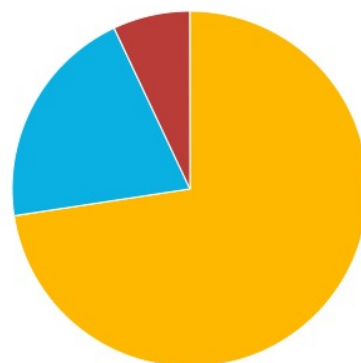


Рекомендуемое решение

Тип инструмента (ASMTYPE)		Сменная	Инструмент	Пластина	
Операция (SUBOPSEQ)		Обработка внутренних канавок			
Инструмент (TOOL)			RAG151.32-D12Q71-40	N151.3-500-40-7G 1125	
Число деталей (#)			1	1	
Сплав (GRADE)					
Тип СОЖ (COOLSTL)		внутренний			
СОЖ (COOLT)		Эмульсия 10%			
Время обработки на элемент (TMF)		мин:с	00:03,060		
Количество поверхностей (TLIFEC)			305		
Число проходов (NAP)			2		
Тип держателя (ADINTMS)			Cylindrical shank without clamping features (without flange) -inch: 3/4		

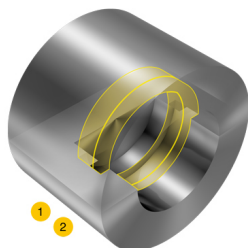
ЭКОНОМИЯ

Общее время обработки (TCCT)	00:02,952	мин:с
Общее вспомогательное время (TNCT)	00:00,112	мин:с
Время обработки на элемент (TMF)	00:03,060	мин:с
Число канавок (TLIFEC)	305	Канавки
Затраты на режущие пластины (COST)	20,4	%
Затраты на инструмент (COST)	7,01	%
Затраты на станок (COST)	72,6	%
Затраты на поверхность (COST)	100	%



■ Затраты на инструмент = 7.01%
 ■ Затраты на режущие пластины = 20.4%
 ■ Затраты на станок = 72.6%

Режимы резания



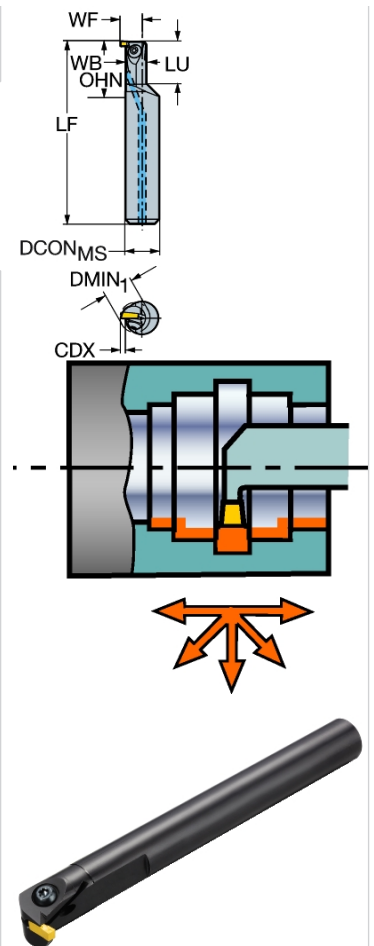
Пояснение

- 1 Обработка нескольких канавок, первый проход
- 2 Обработка нескольких канавок, второй проход

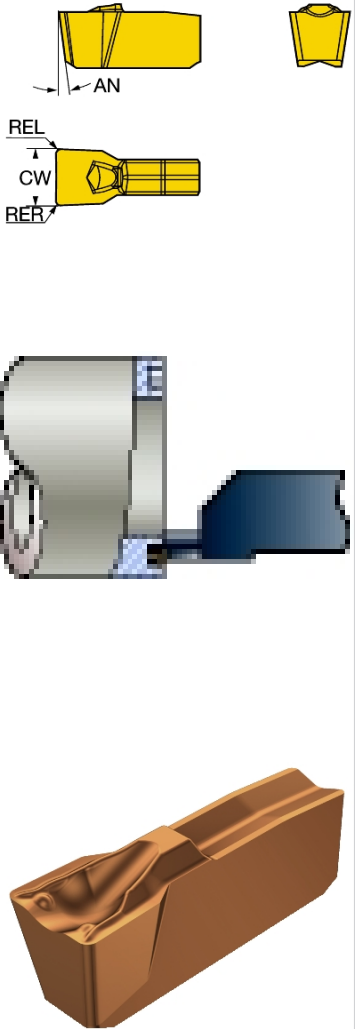
	1	2
Число проходов в направлении AP (NOPAP)	1	1
Обрабатываемый диаметр (DMS)	31,7	31,7 mm
Обработанный диаметр (DME)	42	42 mm
Глубина резания (AP)	5	1 mm
Скорость резания (VC)	187	187 m/min
Подача на оборот (FN)	0,11	0,15 mm
Мах крутящий момент (MC MAX)	30,7	7,55 Nm
Стойкость, время (LIFETIME)	15	15 min
Максимальная мощность резания (PC MAX)	200	200 kW

Информация о продукте

Описание		
Расточная оправка T-Max® Q-Cut для обработки канавок		
Код заказа		
ISO	RAG151.32-D12Q71-40	
ANSI	RAG151.32-D12Q71-40	
EDP		
Штрих-код	12074274	
CDX	max глубина резания	5.25 mm
MTP	типа закрепления	C
CUTINTMASTER	часть 2 ID интерфейса режущего элемента	Q-Cut -size 40 (N151.3-400-40-4G)
SSCM	размер гнезда под пластину	40
ADINTMS	интерфейс со стороны станка	Cylindrical shank without clamping features -inch: 3/4
DMIN1	min диаметр отверстия	18 mm
BAWS	угол корпуса со стороны заготовки	90 deg
OHN	min вылет	31 mm
OHX	max вылет	76.2 mm
LU	рабочая длина	23 mm
HAND	исполнение	R
CNSC	тип подвода СОЖ к инструменту	1: axial concentric entry
CXSC	тип подвода СОЖ к зоне резания	3: axial inclined exit
CP	давление СОЖ	10 bar
LOCAP	обеспечение точности позиционирования	True
DCON	диаметр соединения	19.05 mm
LF	функциональная длина	180 mm
WF	функциональная ширина	14.5 mm
HF	функциональная высота	0 mm
WB	ширина корпуса	12.5 mm
TQ	крутящий момент	3 Nm
WT	масса элемента	0.3 kg
SEP	Sensor embedded property	0
LCS	статус жизненного цикла	20
RELEASEPACK	CoroPak	05.2



Описание		
Режущая пластина T-Max® Q-Cut для обработки канавок		
Код заказа		
ISO	N151.3-500-40-7G	1125
ANSI	N151.3-500-40-7G	1125
EDP		
Штрих-код	12312963	
TMC1ISO	классификация материала, уровень 1	P;M;K;N;S
CBMD	Стружколомающая геометрия	7G
IFS	тип крепления пластины	7
CUTINTSIZESHAPE	размер и форма пластины	Q-Cut 151.3face -size 40
CEDC	число режущих кромок	1
CW	ширина резания	5 mm
CWTOLL	нижнее отклонение ширины резания	0 mm
CWTOLU	верхнее отклонение ширины резания	0.1 mm
REL	радиус при вершине слева	0.4 mm
RER	радиус при вершине справа	0.4 mm
RETOLL	нижнее отклонение радиуса при вершине	-0.1 mm
RETOLU	верхнее отклонение радиуса при вершине	0.1 mm
BAMS	угол корпуса со стороны станка	0 deg
HAND	исполнение	N
GRADE	сплав	1125
COATING	покрытие	PVD TIALN
AN	задний угол главный	8 deg
WT	масса элемента	0.0026 kg
SEP	Sensor embedded property	0
LCS	статус жизненного цикла	20
RELEASEPACK	CoroPak	08.1



Додаток Ж

Код керуючої програми на операцію 015 Токарна з ЧПК

; %_N_015_FINAL_MPF	N38 X1.228 Z1.414
N10 WORKPIECE(,,,"CYLINDER",192,1,-19,-18,110)	N39 G0 X220
N11 G94 G18	N40 Z50
N12 G71	N41 SETMS(1)
N13 LIMS=6000	N42 G97 S1=132 M1=3
N14 G53 G0 X250 D0	N43 M9
N15 G53 Y0 D0	N44 G53 X250 D0
N16 G53 Z300 D0	N45 G53 Y0 D0
	N46 G53 Z300 D0
	N47 M1=5
N17 MSG ("; Face")	
N18 G18	N48 MSG ("; Drill")
N19 DIAMON	N49 G17
N20 T1 D1	N50 DIAMOF
N21 M6	N51 M1
N22 SETMS(1)	N52 T2 D1
N23 G97 S1=132 M1=3	N53 M6
N24 G54	N54 SETMS(2)
N26 LIMS[1]=822	N55 G97 S2=820 M2=3
N27 D0	N56 G95
N28 M8	N57 G54
N29 G0 Y0	N59 G0 SP1=0.
N30 Z50 X220	N60 D1
N31 SETMS(1)	N61 G90 G0 Z16
N32 G96 S1=91 M1=3	N62 X0 Y0
N33 Z1.414	N64 F0.29
N34 X120	N65 Z6
N35 G1 X112.828 F0.13	N66 MCALL CYCLE81(6,0,3,-31.313,)
N36 X110 Z0	N67 X0 Y0
N37 X-1.6	N68 MCALL

N69 Z16	N101 G0 Z1.2
N70 G53 X125 D0	N102 X103.6
N71 G53 Y0 D0	N103 G1 X101.2
N72 G53 Z300 D0	N104 Z-9.4
N73 M2=5	N105 X104.4
	N106 X106.4 Z-8.4
N74 MSG ("; Profile Roughing")	N107 G0 X112.4
N75 G18	N108 Z1.2
N76 DIAMON	N109 X210
N77 M1	N110 Z50
N78 T1 D1	N111 SETMS(1)
N79 M6	N112 G97 S1=139 M1=3
N80 SETMS(1)	
N81 G97 S1=139 M1=3	N113 M9
N82 G54	N114 G53 X250 D0
N84 LIMS[1]=938	N115 G53 Y0 D0
N85 D0	N116 G53 Z300 D0
N86 M8	N117 M1=5
N87 G0 Y0	
N88 Z50 X210	N119 M30
N89 SETMS(1)	%
N90 G96 S1=91 M1=3	
N91 Z1.2	
N92 X107.6	
N93 G1 Z-9.4 F0.13	
N94 X110	
N95 X112 Z-8.4	
N96 G0 Z1.2	
N97 X104.4	
N98 G1 Z-9.4	
N99 X107.6	
N100 X109.6 Z-8.4	

Код керуючої програми на операції 020 Токарна з ЧПК

; %_N_1001_MPF	N40 Z5
N10 WORKPIECE(,,"CYLINDER",192,0,-19,-18,110)	N41 SETMS(1)
N11 G94 G18	N42 G97 S1=240 M1=3
N12 G71	N43 M9
N13 LIMS=6000	N44 G53 X250 D0
N14 G53 G0 X250 D0	N45 G53 Y0 D0
N15 G53 Y0 D0	N46 G53 Z300 D0
N16 G53 Z300 D0	N47 MSG ("; Profile Roughing")
N17 MSG ("; Face")	N48 G18
N18 G18	N49 DIAMON
N19 DIAMON	N50 M1
N20 T13 D1	N51 T1 D1
N21 M6	N52 M6
N22 SETMS(1)	N53 SETMS(1)
N23 G97 S1=240 M1=3	N54 G97 S1=3064 M1=3
N24 G54	N55 G54
N26 LIMS[1]=5000	N57 LIMS[1]=5000
N27 D13	N58 D0
N28 M8	N59 M8
N29 G0 Y0	N60 G0 Y0
N30 Z5 X141.5	N61 Z5 X9.5
N31 SETMS(1)	N62 SETMS(1)
N32 G96 S1=107 M1=3	N63 G96 S1=91 M1=3
N33 Z0.014	N64 Z0.6
N34 X121.5	N65 X30.7
N35 G1 X114.328 F0.13	N66 G1 Z-19.8 F0.13
N36 X111.5 Z-1.4	N67 X28.3
N37 X27.913	N68 G0 Z0.6
N38 X30.741 Z0.014	N69 X32.593
N39 G0 X141.5	N70 G1 Z-2.581
	N71 X31.5 Z-3.127

N72 X31.501 Z-7.544

N73 X32.4 Z-12.681

N74 X31.5

N75 Z-19.8

N76 X30.7

N77 X28.7 Z-18.8

N78 G0 Z0.6

N79 X34.486

N80 G1 Z-1.634

N81 X32.593 Z-2.581

N82 X30.593 Z-1.581

N83 G0 X28.3

N84 Z0.6

N85 X9.5

N86 Z5

N87 SETMS(1)

N88 G97 S1=3064 M1=3

N89 M9

N90 G53 X250 D0

N91 G53 Y0 D0

N92 G53 Z300 D0

N93 MSG ("; Single Groove")

N94 G18

N95 DIAMON

N96 M1

N97 T2 D1

N98 M6

N99 SETMS(1)

N100 G97 S1=1141 M1=3

N101 G54

N103 LIMS[1]=5000

N104 D0

N105 M8

N106 G0 Y0

N107 Z5 X25.5

N108 SETMS(1)

N109 G96 S1=91 M1=3

N110 Z-12.7

N111 G1 X44 F0.13

N112 X25.5

N113 G0 Z5

N114 SETMS(1)

N115 G97 S1=1141 M1=3

N116 M9

N117 G53 X250 D0

N118 G53 Y0 D0

N119 G53 Z300 D0

N120 MSG ("; Face")

N121 G18

N122 DIAMON

N123 M1

N124 T13 D1

N125 M6

N126 SETMS(1)

N127 G97 S1=240 M1=3

N128 G54

N130 LIMS[1]=5000

N131 D13

N132 M8

N133 G0 Y0

N134 Z5 X141.5

N135 SETMS(1)

N136 G96 S1=107 M1=3

N137 Z-3.286	N173 G96 S1=107 M1=3
N138 X121.5	N174 G0 X131.5 Y0 Z5
N139 G1 X114.328 F0.13	N175 Z-3.2
N140 X111.5 Z-4.7	N176 X109.1
N141 X53.912	N177 G1 Z-10.294 F0.13
N142 X56.741 Z-3.286	N178 X113.9
N143 G0 X141.5	N179 G0 Z-3.2
N144 Z5	N180 X105.15
N145 SETMS(1)	N181 G1 Z-10.294
N146 G97 S1=240 M1=3	N182 X109.1
N147 MSG ("; Profile Roughing")	N183 X111.1 Z-9.294
N148 G18	N184 G0 Z-3.2
N149 DIAMON	N185 X103.6
N151 LIMS[1]=5000	N186 G1 X101.2
N153 SETMS(1)	N187 Z-10.294
N154 G96 S1=107 M1=3	N188 X105.15
N155 G0 X131.5 Y0 Z5	N189 X107.15 Z-9.294
N156 Z3.6	N190 G0 X113.9
N157 X46.818	N191 Z-3.2
N158 G1 Z-1.632 F0.13	N192 X131.5
N159 X52.753 Z-4.6	N193 Z5
N160 X63.5	N194 SETMS(1)
N161 G0 Z3.6	N195 G97 S1=258 M1=3
N162 X131.5	
N163 Z5	N196 M9
N164 SETMS(1)	N197 G53 X250 D0
N165 G97 S1=258 M1=3	N198 G53 Y0 D0
N166 MSG ("; Profile Roughing")	N199 G53 Z300 D0
N167 G18	N200 M1=5
N168 DIAMON	
N170 LIMS[1]=5000	N202 M30
N172 SETMS(1)	

Код керуючої програми на операцію 040 Вертикально-фрезерна з ЧПК

; %_N_1001_MPF	N36 Z1
N10	N37 G1 Z-1 F400
WORKPIECE(,,,"CYLINDER",192,0 ,-16,-15,100)	N38 X-47.104 Y17.801
N11 G94 G18	N39 G3 X-41.27 Y21.796 Z-2.25 CR=5 F556.8
N12 G71	N40 X-45.265 Y27.63 Z-3.5 CR=5
N13 LIMS=6000	N41 X-51.099 Y23.635 Z-4.75 CR=5
N14 G53 G0 X250 D0	N42 X-47.104 Y17.801 Z-6 CR=5
N15 G53 Y0 D0	N43 X-41.27 Y21.796 Z-7.25 CR=5
N16 G53 Z300 D0	N44 X-45.265 Y27.63 Z-8.5 CR=5
	N45 X-51.099 Y23.635 Z-9.75 CR=5
N17 MSG ("; Bore2")	N46 X-47.104 Y17.801 Z-11 CR=5
N18 G17	N47 X-41.27 Y21.796 Z-12.25 CR=5
N19 DIAMOF	N48 X-45.265 Y27.63 Z-13.5 CR=5
N20 T11 D1	N49 X-51.099 Y23.635 Z-14.75 CR=5
N21 M6	N50 X-51.143 Y22.071 Z-15 CR=5
N22 SETMS(2)	N51 X-45.54 Y17.757 Z-15 CR=5
N23 G97 S2=1232 M2=3	N52 X-41.226 Y23.36 Z-15 CR=5
N24 G94	N53 X-46.829 Y27.674 Z-15 CR=5
N25 G54	N54 X-51.143 Y22.071 Z-15 CR=5
N27 G0 SP1=0.	N55 G1 X-50.647 Y22.136 F800
N28 D1	N56 G0 Z5
N29 DIAMOF	N57 X-20.279 Y46.136
N30 G0 Y0	N58 Z1
N31 TRANSMIT(1)	N59 G1 Z-1 F400
N33 M8	N60 X-20.689 Y45.849
N34 G90 G0 Z15	N61 G3 X-13.724 Y44.626 Z-2.25 CR=5 F556.8
N35 X-47.012 Y18.292	

N62 X-12.501 Y51.59 Z-3.5 CR=5	N89 X19.355 Y49.887 Z-9.75 CR=5
N63 X-19.466 Y52.813 Z-4.75 CR=5	N90 X19.013 Y42.824 Z-11 CR=5
N64 X-20.689 Y45.849 Z-6 CR=5	N91 X26.076 Y42.482 Z-12.25 CR=5
N65 X-13.724 Y44.626 Z-7.25 CR=5	N92 X26.418 Y49.545 Z-13.5 CR=5
N66 X-12.501 Y51.59 Z-8.5 CR=5	N93 X19.355 Y49.887 Z-14.75 CR=5
N67 X-19.466 Y52.813 Z-9.75 CR=5	N94 X18.375 Y48.667 Z-15 CR=5
N68 X-20.689 Y45.849 Z-11 CR=5	N95 X20.233 Y41.844 Z-15 CR=5
N69 X-13.724 Y44.626 Z-12.25 CR=5	N96 X27.056 Y43.702 Z-15 CR=5
N70 X-12.501 Y51.59 Z-13.5 CR=5	N97 X25.198 Y50.525 Z-15 CR=5
N71 X-19.466 Y52.813 Z-14.75 CR=5	N98 X18.375 Y48.667 Z-15 CR=5
N72 X-20.59 Y51.726 Z-15 CR=5	N99 G1 X18.809 Y48.419 F800
N73 X-19.601 Y44.724 Z-15 CR=5	N100 G0 Z5
N74 X-12.6 Y45.713 Z-15 CR=5	N101 X46.136 Y20.279
N75 X-13.589 Y52.715 Z-15 CR=5	N102 Z1
N76 X-20.59 Y51.726 Z-15 CR=5	N103 G1 Z-1 F400
N77 G1 X-20.191 Y51.425 F800	N104 X45.849 Y20.689
N78 G0 Z5	N105 G3 X44.626 Y13.724 Z-2.25 CR=5 F556.8
N79 X19.383 Y43.16	N106 X51.59 Y12.501 Z-3.5 CR=5
N80 Z1	N107 X52.813 Y19.466 Z-4.75 CR=5
N81 G1 Z-1 F400	N108 X45.849 Y20.689 Z-6 CR=5
N82 X19.013 Y42.824	N109 X44.626 Y13.724 Z-7.25 CR=5
N83 G3 X26.076 Y42.482 Z-2.25 CR=5 F556.8	N110 X51.59 Y12.501 Z-8.5 CR=5
N84 X26.418 Y49.545 Z-3.5 CR=5	N111 X52.813 Y19.466 Z-9.75 CR=5
N85 X19.355 Y49.887 Z-4.75 CR=5	N112 X45.849 Y20.689 Z-11 CR=5
N86 X19.013 Y42.824 Z-6 CR=5	N113 X44.626 Y13.724 Z-12.25 CR=5
N87 X26.076 Y42.482 Z-7.25 CR=5	N114 X51.59 Y12.501 Z-13.5 CR=5
N88 X26.418 Y49.545 Z-8.5 CR=5	N115 X52.813 Y19.466 Z-14.75 CR=5

N116 X51.726 Y20.59 Z-15 CR=5	N140 X43.702 Y-27.056 Z-15 CR=5
N117 X44.724 Y19.601 Z-15 CR=5	N141 X50.525 Y-25.198 Z-15 CR=5
N118 X45.713 Y12.6 Z-15 CR=5	N142 X48.667 Y-18.375 Z-15 CR=5
N119 X52.715 Y13.589 Z-15 CR=5	N143 G1 X48.419 Y-18.809 F800
N120 X51.726 Y20.59 Z-15 CR=5	N144 G0 Z5
N121 G1 X51.425 Y20.191 F800	N145 X16.813 Y-44.225
N122 G0 Z5	N146 Z1
N123 X43.16 Y-19.383	N147 G1 Z-1 F400
N124 Z1	N148 X16.837 Y-43.725
N125 G1 Z-1 F400	N149 G3 X11.601 Y-48.478 Z-2.25 CR=5 F556.8
N126 X42.824 Y-19.013	N150 X16.353 Y-53.714 Z-3.5 CR=5
N127 G3 X42.482 Y-26.076 Z-2.25 CR=5 F556.8	N151 X21.589 Y-48.961 Z-4.75 CR=5
N128 X49.545 Y-26.418 Z-3.5 CR=5	N152 X16.837 Y-43.725 Z-6 CR=5
N129 X49.887 Y-19.355 Z-4.75 CR=5	N153 X11.601 Y-48.478 Z-7.25 CR=5
N130 X42.824 Y-19.013 Z-6 CR=5	N154 X16.353 Y-53.714 Z-8.5 CR=5
N131 X42.482 Y-26.076 Z-7.25 CR=5	N155 X21.589 Y-48.961 Z-9.75 CR=5
N132 X49.545 Y-26.418 Z-8.5 CR=5	N156 X16.837 Y-43.725 Z-11 CR=5
N133 X49.887 Y-19.355 Z-9.75 CR=5	N157 X11.601 Y-48.478 Z-12.25 CR=5
N134 X42.824 Y-19.013 Z-11 CR=5	N158 X16.353 Y-53.714 Z-13.5 CR=5
N135 X42.482 Y-26.076 Z-12.25 CR=5	N159 X21.589 Y-48.961 Z-14.75 CR=5
N136 X49.545 Y-26.418 Z-13.5 CR=5	N160 X21.42 Y-47.406 Z-15 CR=5
N137 X49.887 Y-19.355 Z-14.75 CR=5	N161 X15.282 Y-43.895 Z-15 CR=5
N138 X48.667 Y-18.375 Z-15 CR=5	N162 X11.771 Y-50.033 Z-15 CR=5
N139 X41.844 Y-20.233 Z-15 CR=5	N163 X17.909 Y-53.544 Z-15 CR=5

N164 X21.42 Y-47.406 Z-15 CR=5	N190 Z1
N165 G1 X20.937 Y-47.537 F800	N191 G1 Z-1 F400
N166 G0 Z5	N192 X-43.722 Y-16.748
N167 X-19.437 Y-43.102	N193 G3 X-48.566 Y-11.597 Z-2.25 CR=5 F556.8
N168 Z1	N194 X-53.717 Y-16.442 Z-3.5 CR=5
N169 G1 Z-1 F400	N195 X-48.873 Y-21.593 Z-4.75 CR=5
N170 X-19.073 Y-42.759	N196 X-43.722 Y-16.748 Z-6 CR=5
N171 G3 X-26.141 Y-42.542 Z-2.25 CR=5 F556.8	N197 X-48.566 Y-11.597 Z-7.25 CR=5
N172 X-26.358 Y-49.61 Z-3.5 CR=5	N198 X-53.717 Y-16.442 Z-8.5 CR=5
N173 X-19.29 Y-49.827 Z-4.75 CR=5	N199 X-48.873 Y-21.593 Z-9.75 CR=5
N174 X-19.073 Y-42.759 Z-6 CR=5	N200 X-43.722 Y-16.748 Z-11 CR=5
N175 X-26.141 Y-42.542 Z-7.25 CR=5	N201 X-48.566 Y-11.597 Z-12.25 CR=5
N176 X-26.358 Y-49.61 Z-8.5 CR=5	N202 X-53.717 Y-16.442 Z-13.5 CR=5
N177 X-19.29 Y-49.827 Z-9.75 CR=5	N203 X-48.873 Y-21.593 Z-14.75 CR=5
N178 X-19.073 Y-42.759 Z-11 CR=5	N204 X-47.321 Y-21.396 Z-15 CR=5
N179 X-26.141 Y-42.542 Z-12.25 CR=5	N205 X-43.919 Y-15.197 Z-15 CR=5
N180 X-26.358 Y-49.61 Z-13.5 CR=5	N206 X-50.118 Y-11.795 Z-15 CR=5
N181 X-19.29 Y-49.827 Z-14.75 CR=5	N207 X-53.52 Y-17.994 Z-15 CR=5
N182 X-18.332 Y-48.59 Z-15 CR=5	N208 X-47.321 Y-21.396 Z-15 CR=5
N183 X-20.31 Y-41.801 Z-15 CR=5	N209 G1 X-47.461 Y-20.916 F800
N184 X-27.099 Y-43.779 Z-15 CR=5	N210 G0 Z15
N185 X-25.121 Y-50.568 Z-15 CR=5	N211 TRAFOOF
N186 X-18.332 Y-48.59 Z-15 CR=5	N212 DIAMON
N187 G1 X-18.77 Y-48.349 F800	
N188 G0 Z5	
N189 X-44.222 Y-16.733	

N213 M9

N214 G53 X250 D0

N215 G53 Y0 D0

N216 G53 Z300 D0

N217 M2=5

N219 M30

%

ГОСТ 3 1118 - 82 Формат 1

[illegible]

Дцбл.																				
Взам.																				
Подп.																				
																				7
P	Содержание перехода								To	D или B	L	t	i	S	n	V				
O01	3. Розточити канавку шириною 6 мм в розмір Ø42 мм.																			
T02	Трьохкулачковий патрон Kitagawa AS08 Work Gripper; Розточна оправка T-Max Q-Cut RAG151.32-D12Q71-40; Твердосплавна пластина N151.3-500-																			
03	40-7G 1125; Електронний шьангенциркуль KING TONY 200 мм/8" (77141-08);																			
P04									00:04	42 мм	11 мм	5.15	1	0,1 мм/оδ	1880 оδ/хв	181 м/хв				
O05	4. Точити: точець в розмір 14,3 мм, фаску 3,3х45° та буртик Ø47.																			
T06	Трьохкулачковий патрон Kitagawa AS08 Work Gripper; Прохідний різець T-Max P PCLNR 2525M 16; Твердосплавна пластина CNMG 16 06 16-XMR;																			
07	Електронний шьангенциркуль KING TONY 200 мм/8" (77141-08);																			
08									00:05	110 мм	55 мм	1 мм	1	0,4 мм/оδ	822 оδ/хв	284 м/хв				
09	5. Точити зовнішню поверхню в розмір Ø101 мм																			
10	Трьохкулачковий патрон Kitagawa AS08 Work Gripper; Прохідний різець T-Max P PCLNR 2525M 16; Твердосплавна пластина CNMG 16 06 16-XMR;																			
11	Електронний шьангенциркуль KING TONY 200 мм/8" (77141-08);																			
12									00:05	101 мм	9,5	2,4	3	0,35 мм/оδ	938 оδ/хв	324 м/хв				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
OK		Операционная карта																		

Дудл.			
Взам.			
Подп.			

			9
--	--	--	---

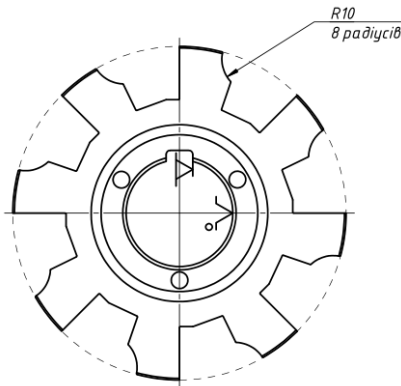
[illegible]

<i>P</i>	<i>Содержание перехода</i>	<i>T₀</i>	<i>D или B</i>	<i>L</i>	<i>t</i>	<i>i</i>	<i>S</i>	<i>n</i>	<i>V</i>
001	3. Точити: точець в розмір 10d10 мм, фаску 3,3x45°, дуртик Ø47 мм.								
T02	Трьохкулачковий патрон Kitagawa AS08 Work Gripper; Розточна оправка T-Max Q-Cut RAG151.32-D12Q71-40; Твердосплавна пластина N151.3-500-								
03	40-7G 1125; Електронний шьангенциркуль KING TONY 200 мм/8" (77141-08);								
P04		00:04	42 мм	11 мм	5.15	1	0,1 мм/об	1880 об/хв	181 м/хв
005	4. Точити зовнішню поверхню в розмір Ø100 напрохід та 2 фаски 0,5x45°.								
T06	Трьохкулачковий патрон Kitagawa AS08 Work Gripper; Прохідний різець T-Max P PCLNR 2525M 16; Твердосплавна пластина CNMG 16 06 16-XMR;								
07	Електронний шьангенциркуль KING TONY 200 мм/8" (77141-08);								
08		00:05	110 мм	55 мм	1 мм	1	0,4 мм/об	822 об/хв	284 м/хв
09									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
OK	Операционная карта								

[illegible]2

Разраб.	Панченко О.И.						
Провер.	Слободянюк И.В.						

					Корпус фрези дискової збірної				
Н.контр.	Слободянюк І.В.								



Наименование операции				Материал			
040 Вертикально-фрезерна з ЧПК				Сталь 50ХФА ГОСТ 2590-88			
Твердость	ЕВ	МД	Профиль, разм., заготовка		МЗ	КОИД	
47...52			Ø 110х20 мм				
Оборудование; устройство ЧПУ				Обозначение программы			
DMG MORI DMC 635 V ecoline;							
То	Тв	Тпз	Тшт	Сож			
				Эмульсія			

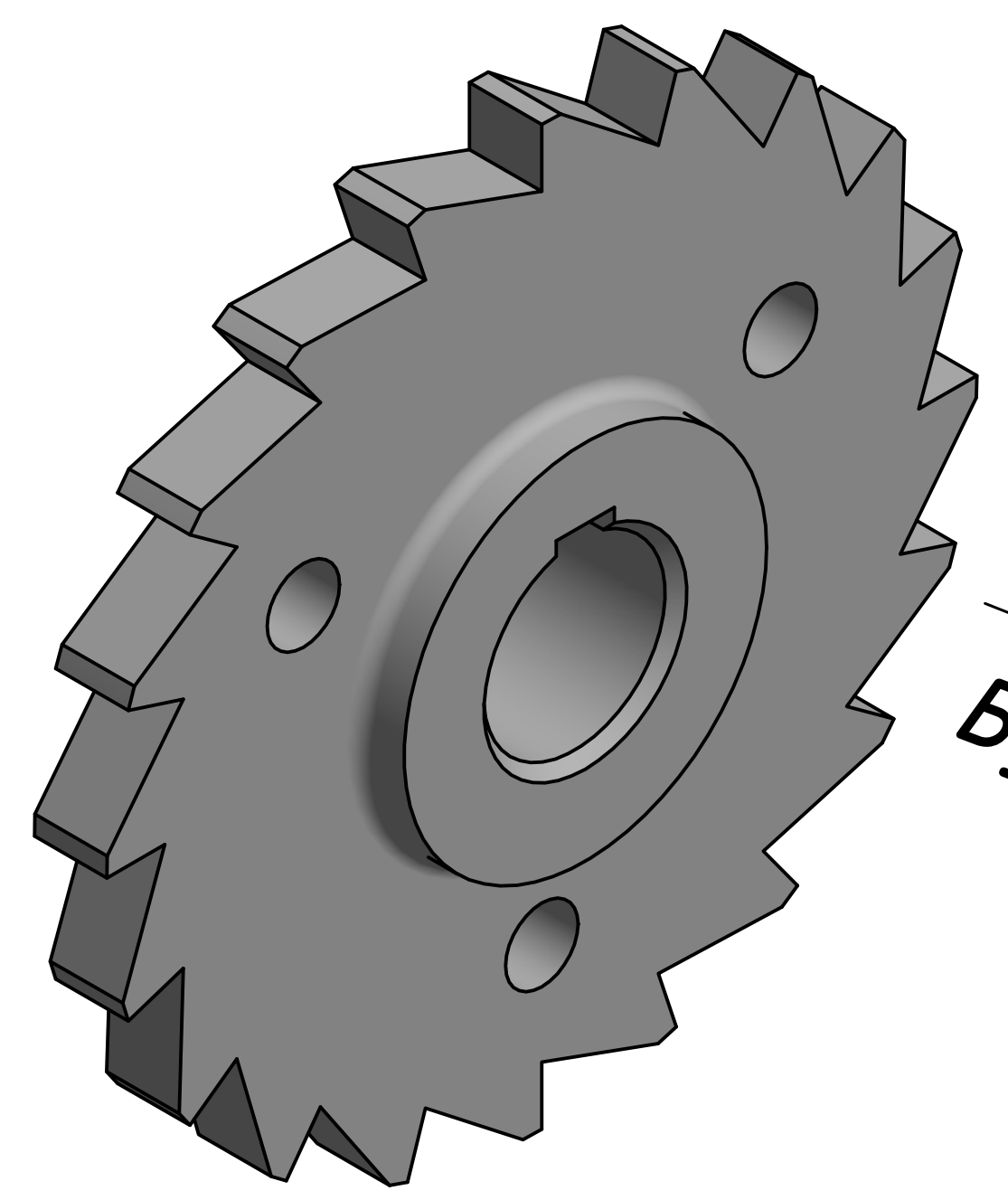
<i>P</i>	<i>Содержание перехода</i>	<i>T₀</i>	<i>D</i> или <i>B</i>	<i>L</i>	<i>t</i>	<i>i</i>	<i>S</i>	<i>n</i>	<i>V</i>
001	1.Фрезерувати пази в розмір 4 мм.								
T02	Оправка циліндрична; Цільна кінцева фреза SogoMill Plug R215.H4-10050DAC03H 1610;								
03	Електронний шьангенциркуль KING TONY 200 мм/8" (77141-08);								
P04		06:03	10 мм	-	10 мм	1	0,113 мм/зуб	1480 об/хв	38,7 м/хв
005									
T06									
07									
08									
09									
10									
OK	Операционная карта								

[illegible]

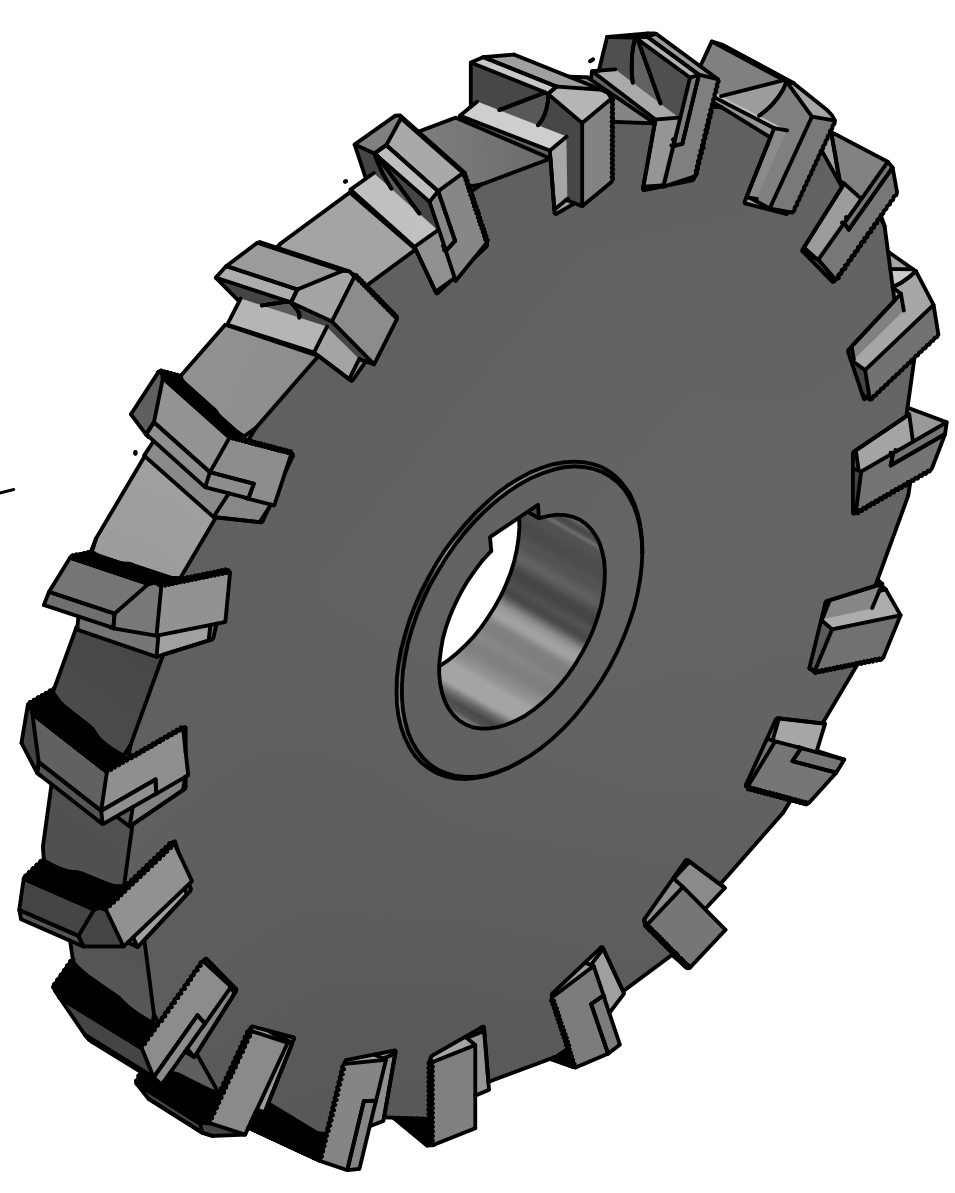
Дудл.																				
Взам.																				
Подп.																				
																				14
<i>P</i>	<i>Содержание перехода</i>										<i>To</i>	<i>D или B</i>		<i>L</i>	<i>t</i>	<i>i</i>	<i>S</i>	<i>n</i>	<i>V</i>	
001	3. Нарізати різьду МЗх0,5.																			
002	Трьохкулачковий патрон Kitagawa AS08 Work Gripper; Мітчик иашинний МЗ ГОСТ 3266-81;																			
003	Електронний штангенциркуль KING TONY 200 мм/8" (77141-08); Калібр різьбовий МЗ ГОСТ 24997-81;																			
004											00:25	3 мм		11 мм	0.1 мм	1	0,5 мм/од	400 од/хв	42 м/хв	
005																				
006	4.Свердлити отвори Ø3 мм наглидину 42,5 мм.																			
007	Трьохкулачковий патрон Kitagawa AS08 Work Gripper; Твердосплавне свердло CoroDrill® 861 861.1-0300-045A1-GM GC34;																			
008	Електронний штангенциркуль KING TONY 200 мм/8" (77141-08);																			
009											00:05	3 мм		42,5 мм	1,5 мм	1	0,1 мм/од	1200 од/хв	113 м/хв	
010																				
011																				
012																				
013																				
014																				
015																				
016																				
017																				
018																				
OK	Операционная карта																			

Синтез конструкції інструменту

Тристороння фреза
цільної конструкції



Тристороння фреза
складеної конструкції

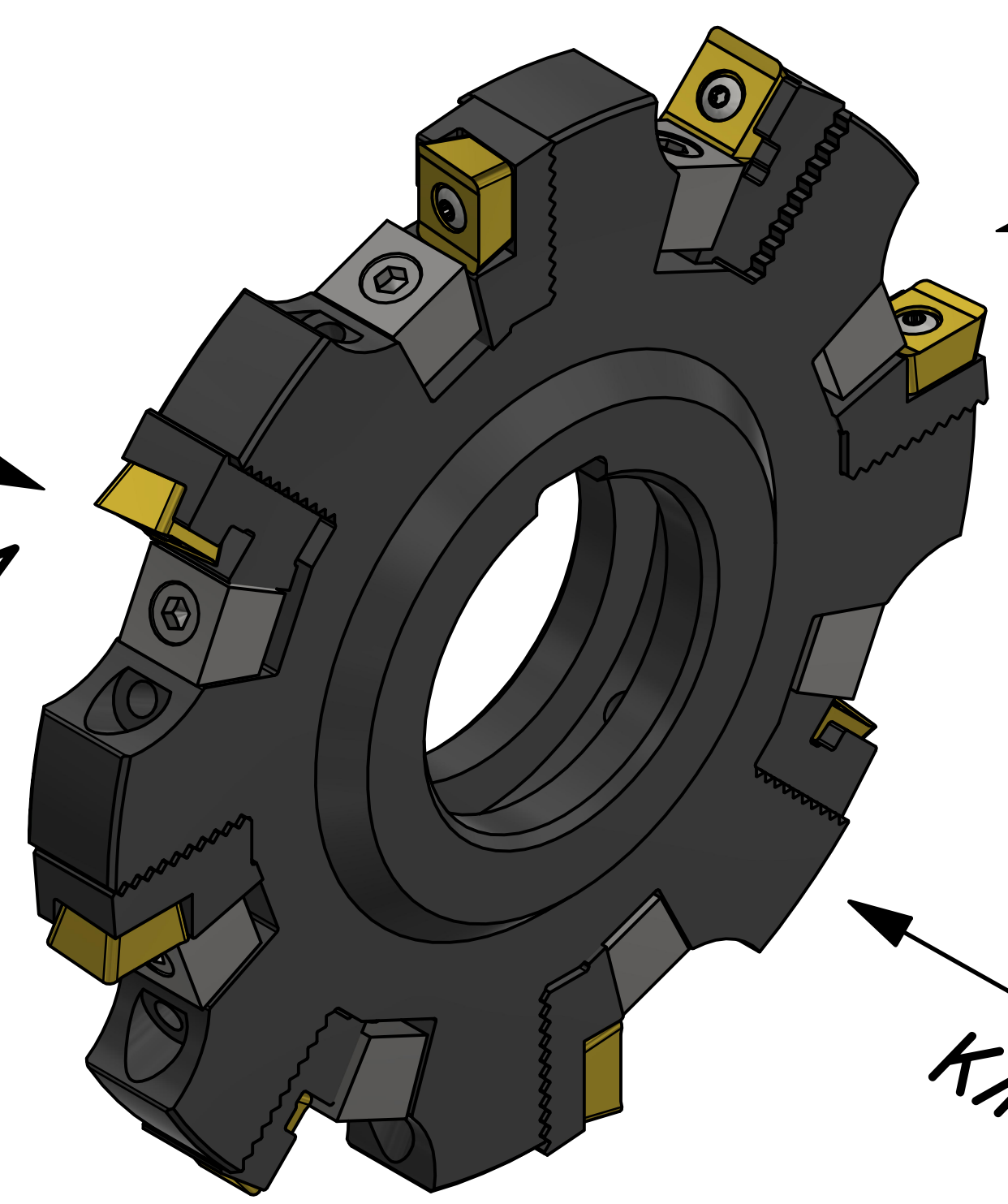


Отвір зі шпонковим пазом
Буртик зі шліфованим торцем

Рифлення
Різноманітність
різальних пластин

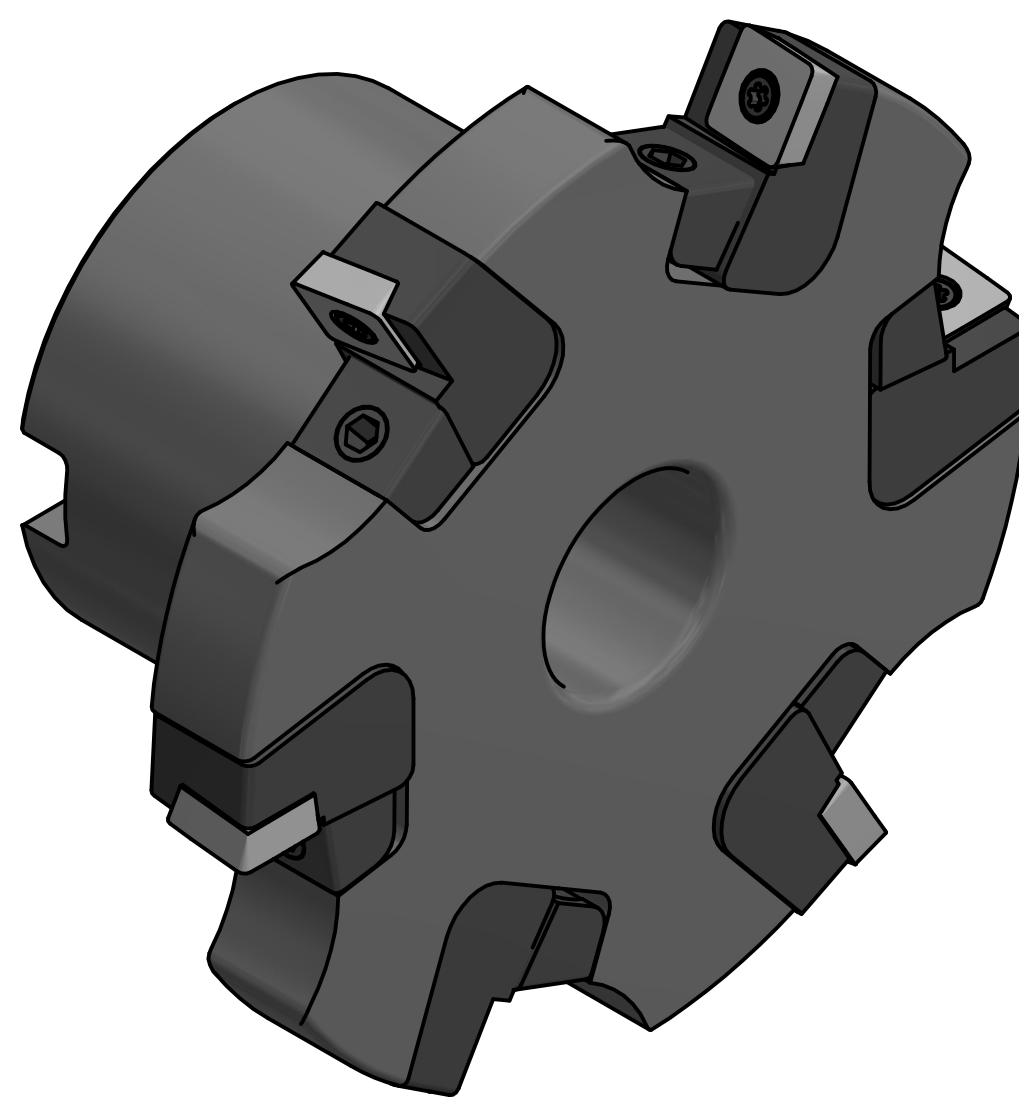
АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ДИСКОВИХ ФРЕЗ

ТИП КОНСТРУКЦІЇ	ПЕРЕВАГИ	НЕДОЛІКИ
Тристороння фреза цільної конструкції	<ul style="list-style-type: none">Простота виготовленняВисока надійність конструкції	<ul style="list-style-type: none">Обмежений перелік оброблюваних матеріалівСкладність з поновленням працездатності
Тристороння фреза складеної конструкції	<ul style="list-style-type: none">Економічність конструкціїЛегке поновлення працездатності	<ul style="list-style-type: none">Складність виготовленняНеточність при складанніОбмежений перелік інструментального матеріалу
Тристороння фреза збірної конструкції	<ul style="list-style-type: none">Висока продуктивність обробленняПростота заміни різальних елементівВисока веріативність оброблюваних матеріалівЕкономічність конструкції	<ul style="list-style-type: none">Складність виготовлення інструменту



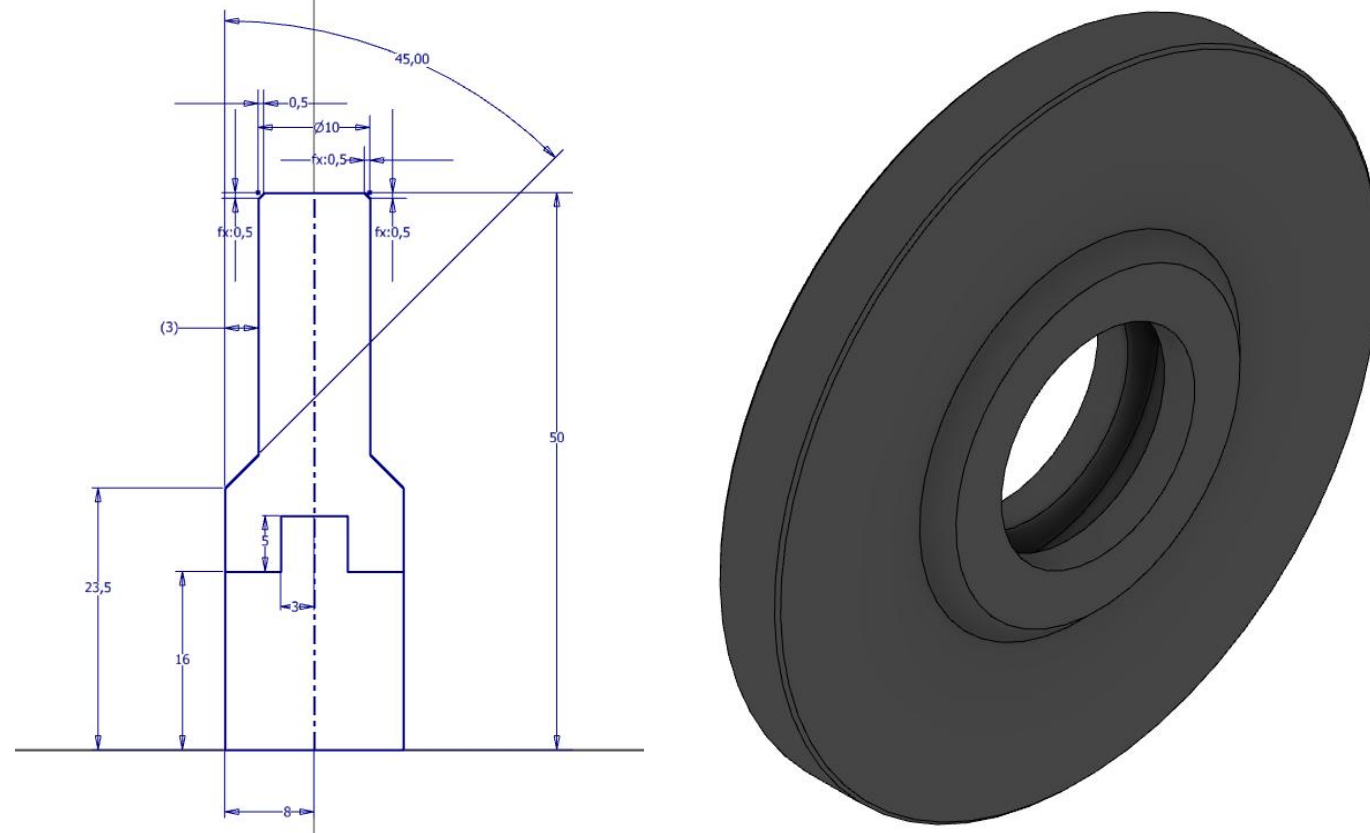
Касети
Клин з механічним кріпленням

Тристороння фреза
збірної конструкції

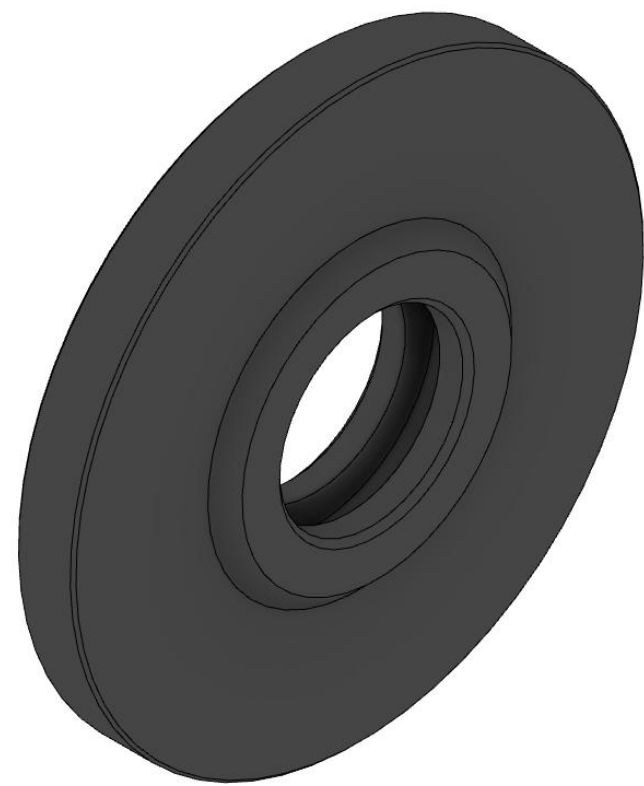


Етапи побудови 3D моделі

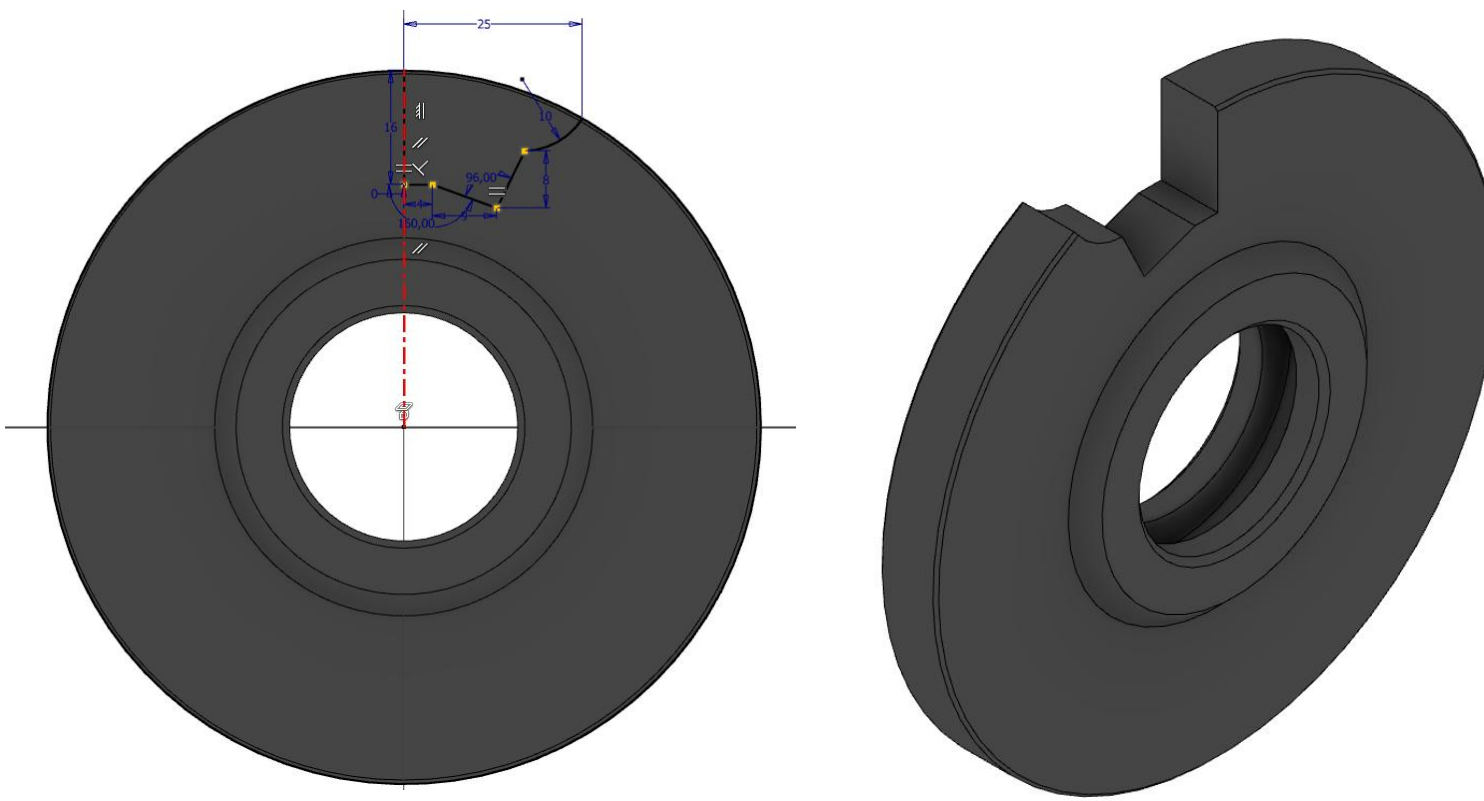
1. Створюємо тіло корусу за допомогою обертання ескізу навколо осі.



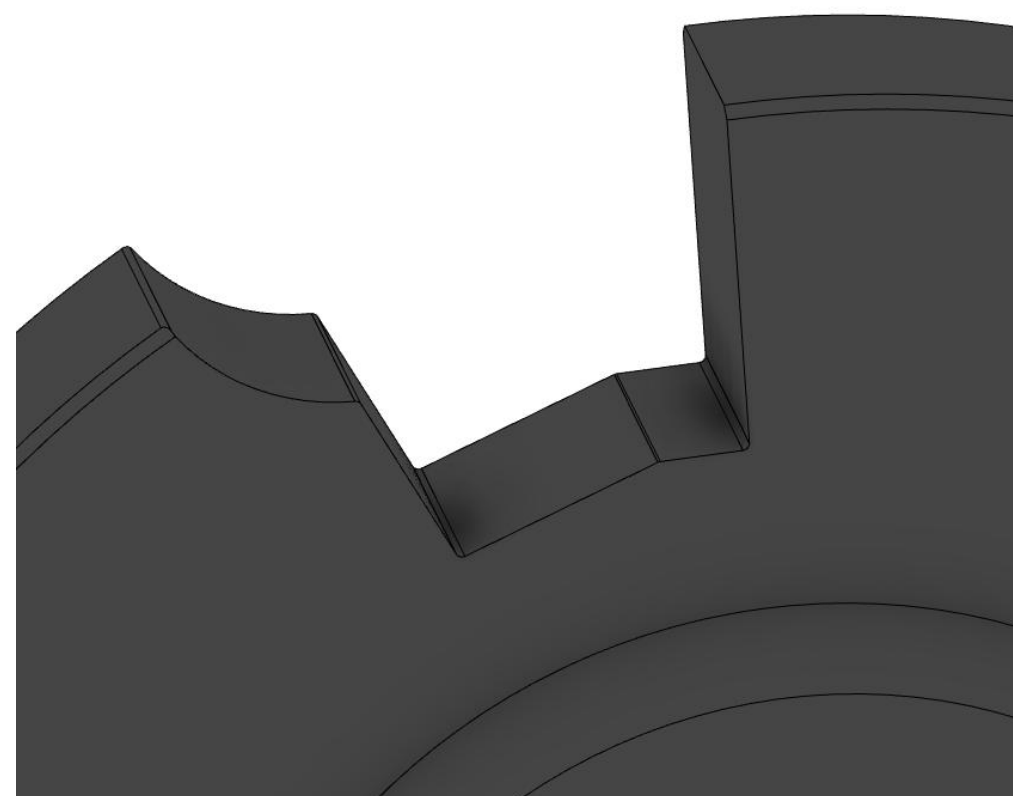
2. Створюємо фаски відповідною командою.



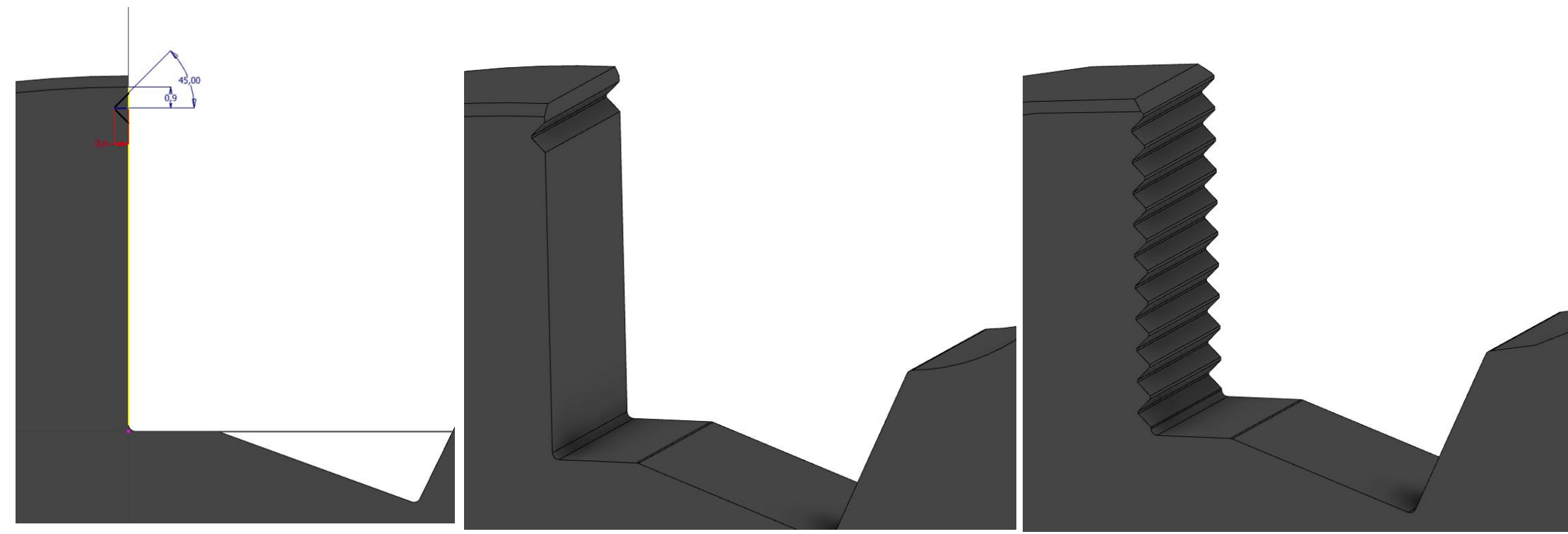
3. Утворимо паз за допомогою ескіз та функції "Видавлювання".



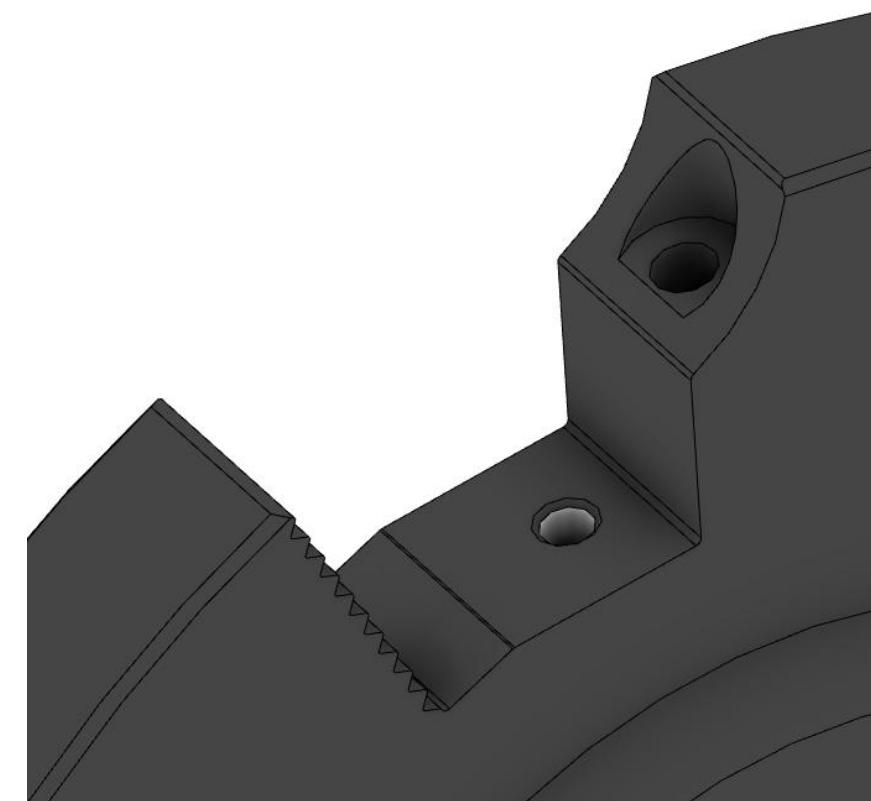
4. Створимо радіуси за допомогою функції "Сопряжение".



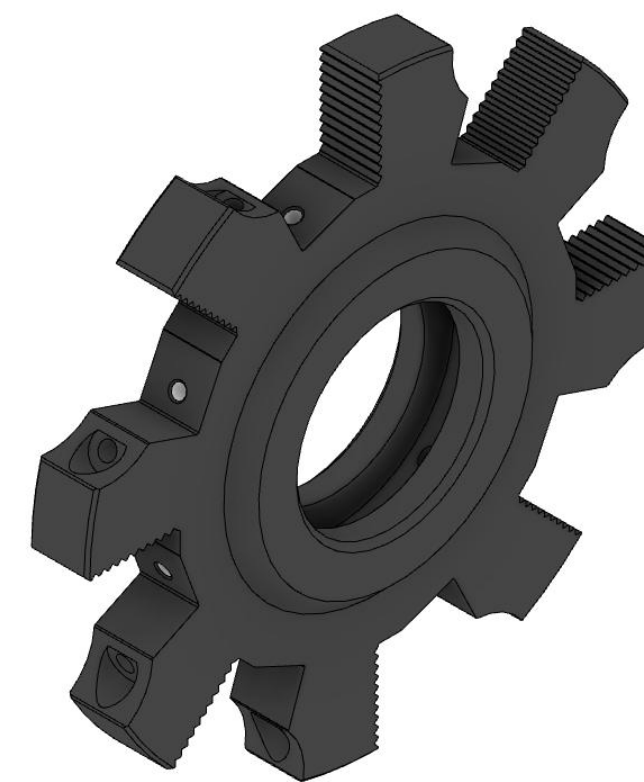
5. Створимо рифлення за допомогою ескізу, функції "Видавливание" та лінійного масиву.



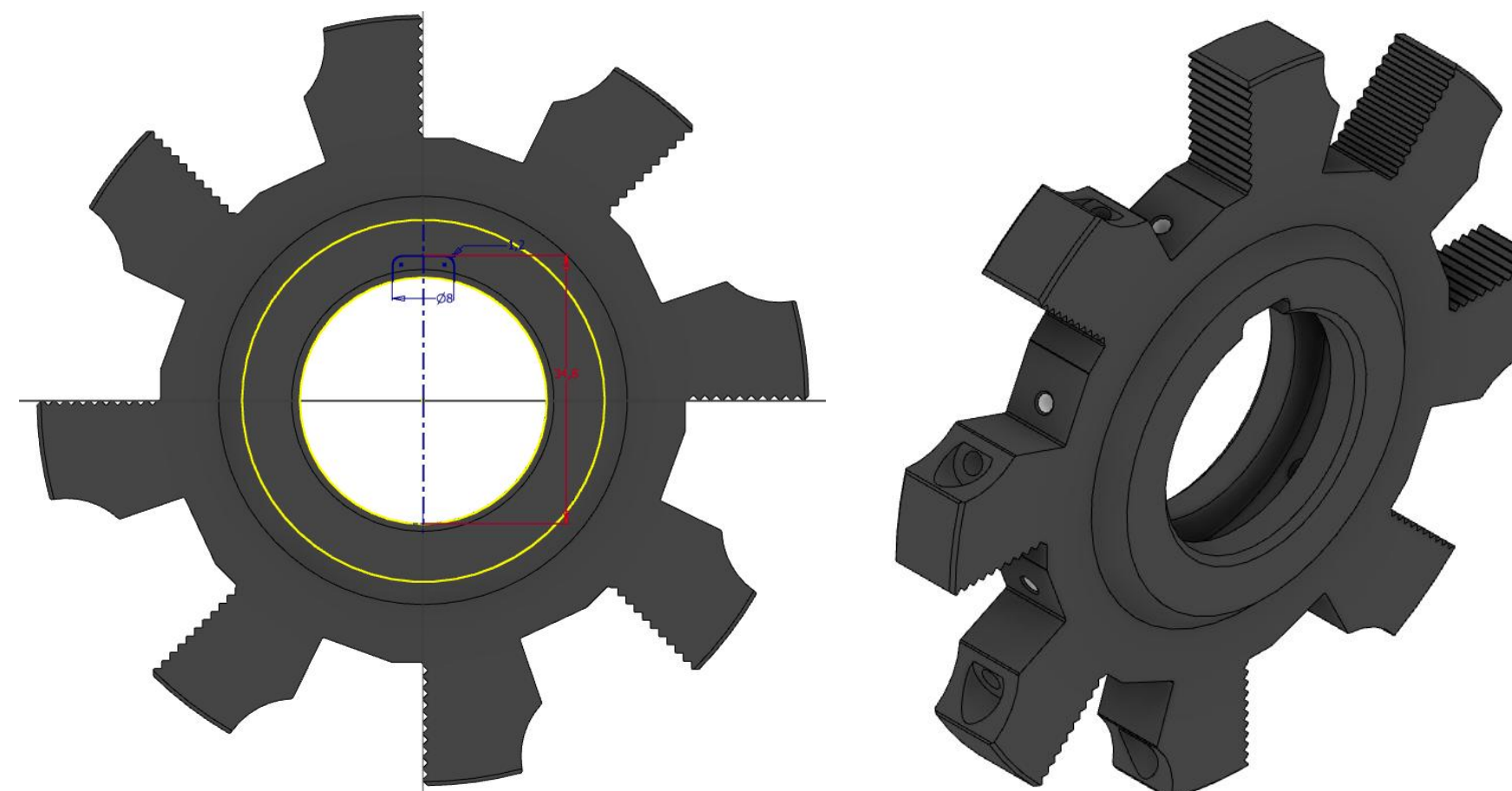
6. Створимо отвори за допомогою відповідної функції.



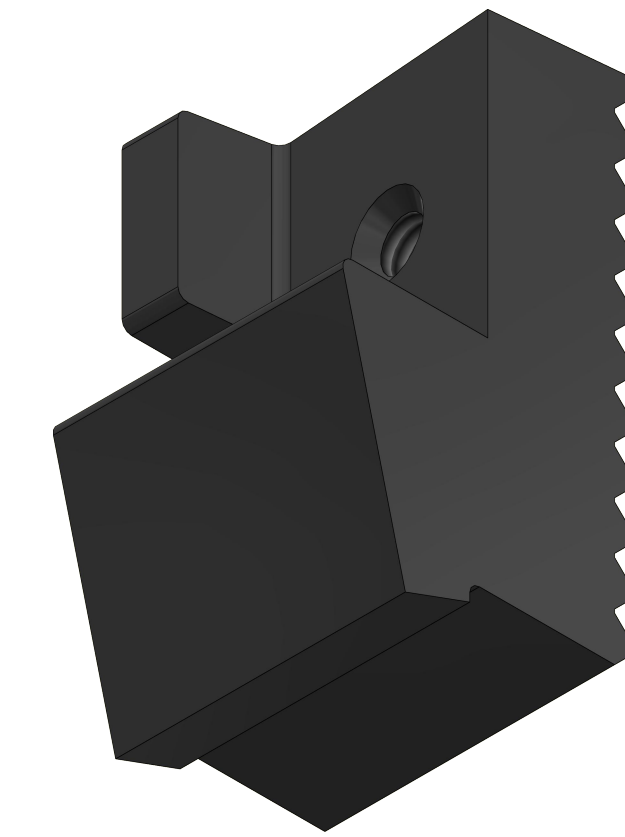
7. Побудуємо пази, рифлення та отвори за допомогою кругового масиву задавши в якості осі вісь корпусу.



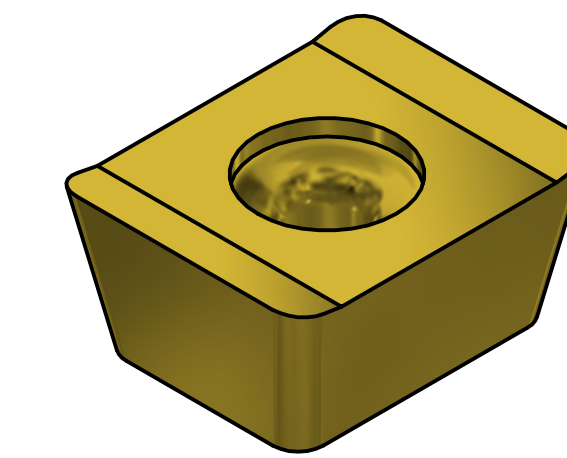
8. Утворимо шпонковий паз за допомогою ескіз та функції "Видавлювання".



9. Побудуємо 3Д модель "Касети".



10. Створимо 3Д модель "Твердосплавної пластини".

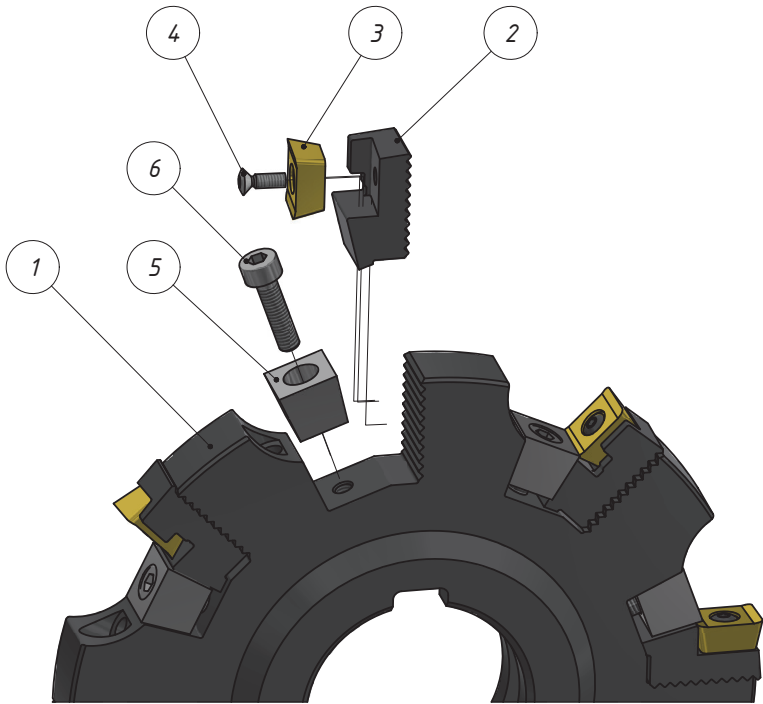


11. Останнім етапом є створення сбірки інструменту зі творених 3Д моделей, надання відповідних залежностей та додання стандартних елементів закріплення.

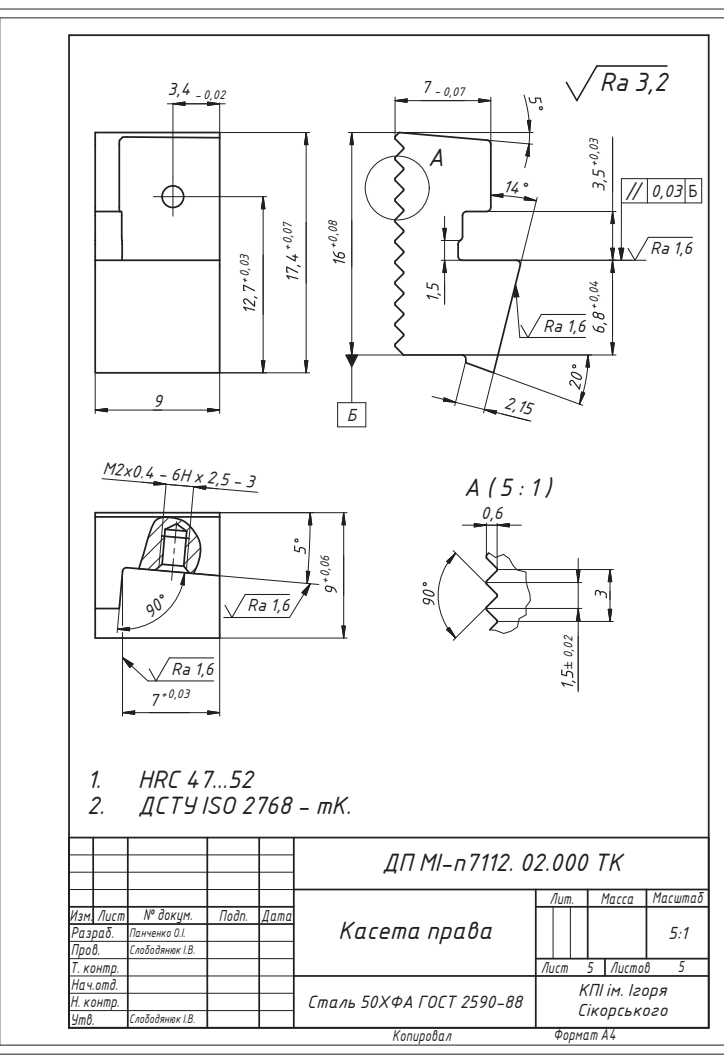
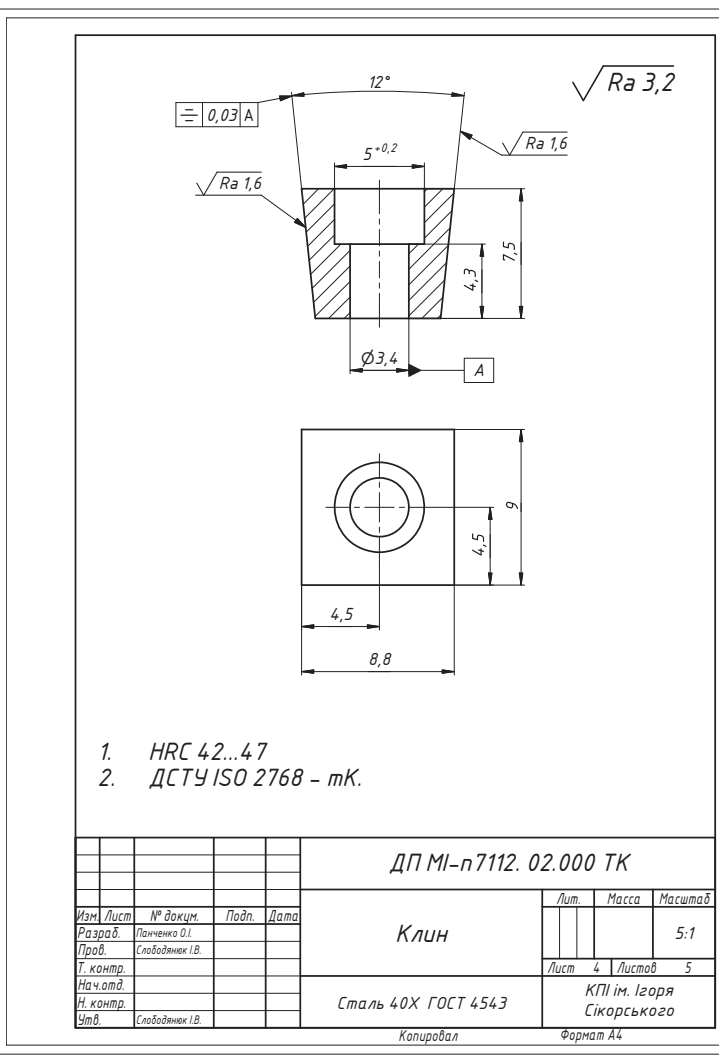
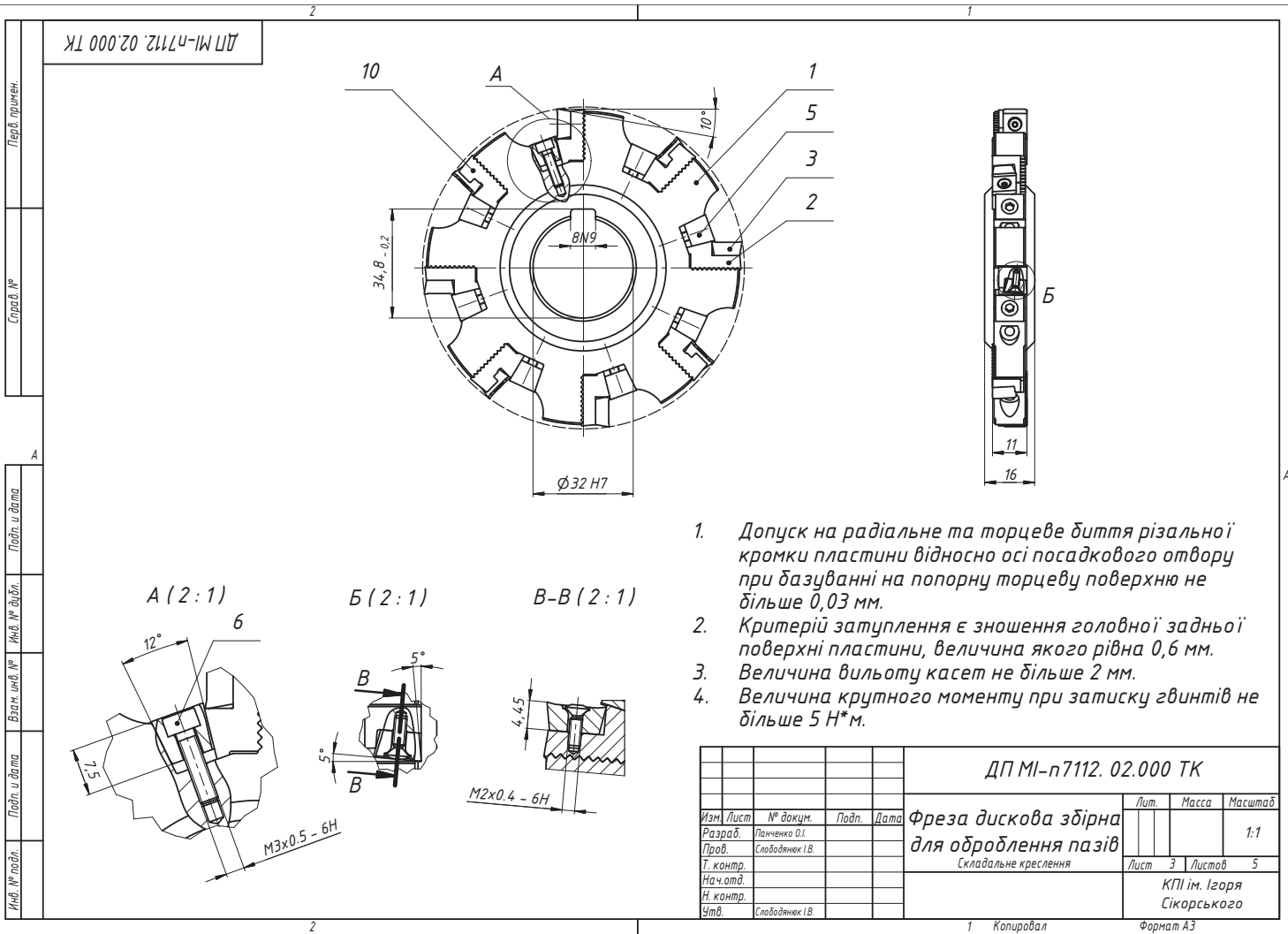
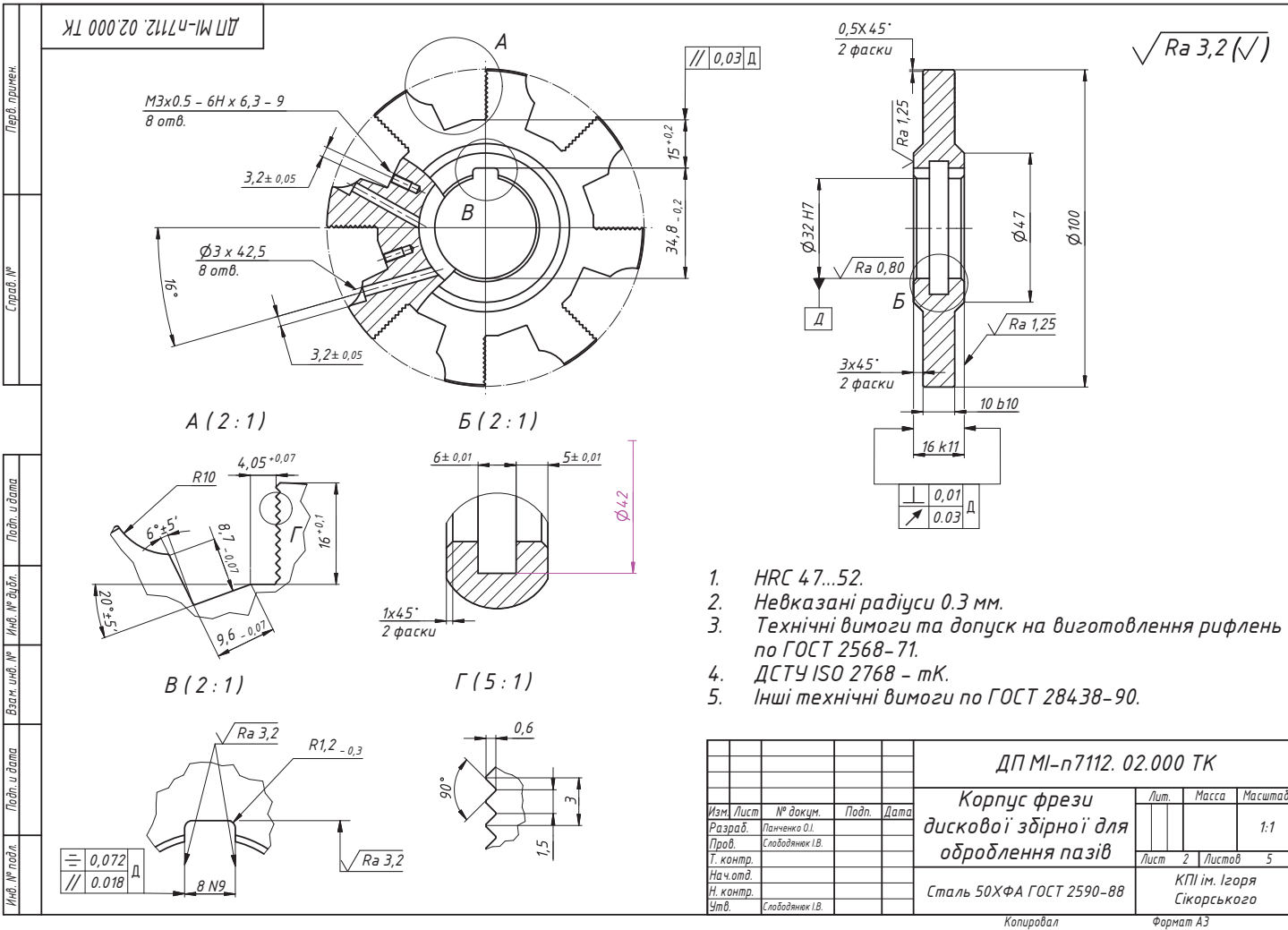


Фреза дискова збірна для оброблення пазів

1. Корпус
2. Касета
3. Тведосплавна пластин
4. Гвинт ISO 14584:2011(E) M2x6
5. Кли
6. Гвинт ISO 4762 M3 x 12



Формат А3



Циклограмма руху інструменту

G-Code

```

; %_N_015_FINAL_MPF
N10 WORKPIECE(,,, "CYLINDER",192,1,-19,-18,110)
N11 G94 G18
N12 G71
N13 LIMS=6000
N14 G53 G0 X250 D0
N15 G53 Y0 D0
N16 G53 Z300 D0

N17 MSG ("", Face")
N18 G18
N19 DIAMON
N20 T1 D1
N21 M6
N22 SETMS(1)
N23 G97 S1=132 M1=3
N24 G54
N26 LIMS[1]=822
N27 D0
N28 M8
N29 G0 Y0
N30 Z50 X220
N31 SETMS(1)
N32 G96 S1=91 M1=3
N33 Z1.414
N34 X120
N35 G1 X112.828 F0.13
N36 X110 Z0
N37 X-1.6
N38 X1.228 Z1.414
N39 G0 X220
N40 Z50

N41 SETMS(1)
N42 G97 S1=132 M1=3
N43 M9
N44 G53 X250 D0
N45 G53 Y0 D0
N46 G53 Z300 D0
N47 M1=5

N48 MSG ("", Drill")
N49 G17
N50 DIAMOF
N51 M1
N52 T2 D1
N53 M6
N54 SETMS(2)
N55 G97 S2=820 M2=3
N56 G95
N57 G54
N59 G0 SP1=0.
N60 D1
N61 G90 G0 Z16
N62 X0 Y0
N64 F0.29
N65 Z6
N66 MCALL CYCLE81(6,0,3,-.31-.31,3.)
N67 X0 Y0
N68 MCALL
N69 Z16
N70 G53 X125 D0
N71 G53 Y0 D0
N72 G53 Z300 D0
N73 M2=5
...

```

№	Найменування операції	Верстат	Різальний інструмент	l, мм	S, мм/об	f, об/хв	V, м/хв	Ta, хв:с
015	Токарна з ЧПК	DMG MORI CTX alpha 500	Прохідний різець Т-Мат P DELINR 2525M 16; Твердосплавна пластина CNMG 16 06 16-XMR. Свердло CongoDrill 870-3100-31LX125-S; Змінна головка для свердла 870-3100-31-RH 4334.	100	0,40	-	91,44	00:05,202
			15,50	0,29	820,00	79,90	00:05,964	
			2,40	0,35	-	91,44	00:03,270	

ДП МІ-п7112. 04.000 ТК

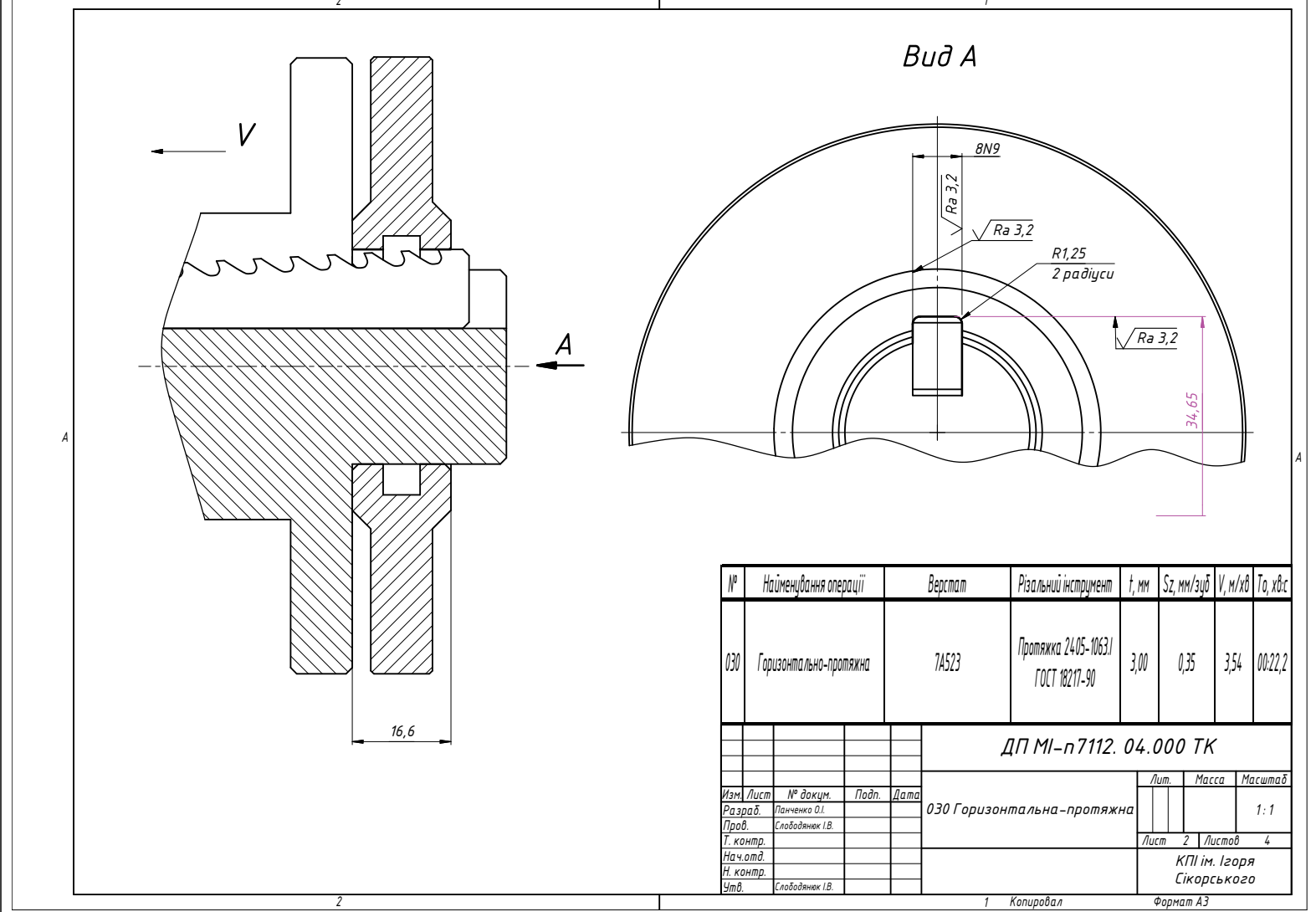
040 Вертикально-фрезерна з ЧПК

Изм.	Лист	№ док-м	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Починено 01				0,1	1:1
Пров.		Слободяник ІВ.					
Т. контр.					Лист 1	Листов 4	
Нач.отр.					КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. контр.							
Утв.		Слободяник ІВ.					

2

1 Копіював

Формат А3



Циклограма руху інструменту

G-Code

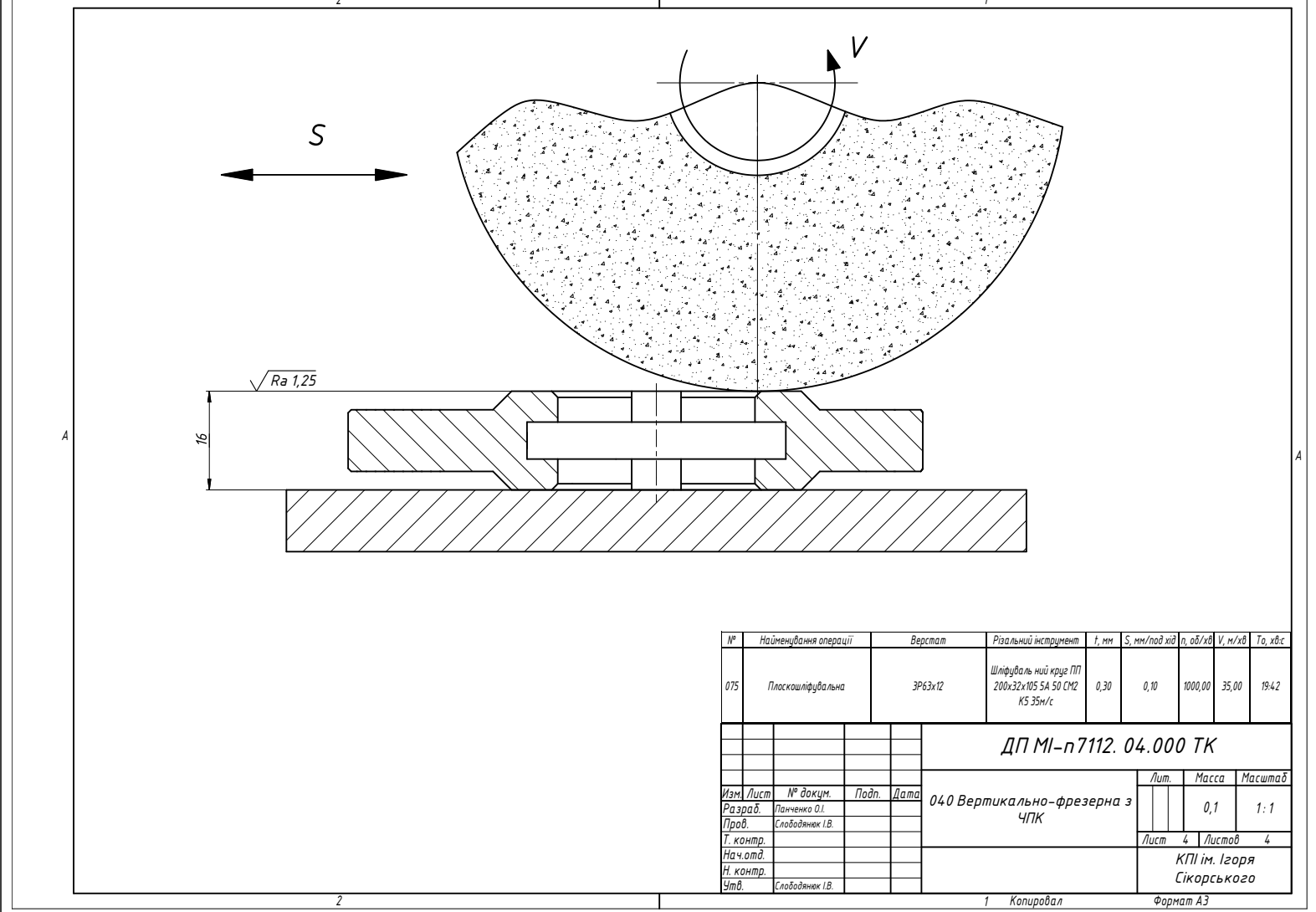
```
%_N_1001_MPF
N10 WORKPIECE(,,,,"CYLINDER",192,0,-16,-15,100)
N11 G94 G18
N12 G71
N13 LIMS=6000
N14 G53 G0 X250 D0
N15 G53 Y0 D0
N16 G53 Z300 D0

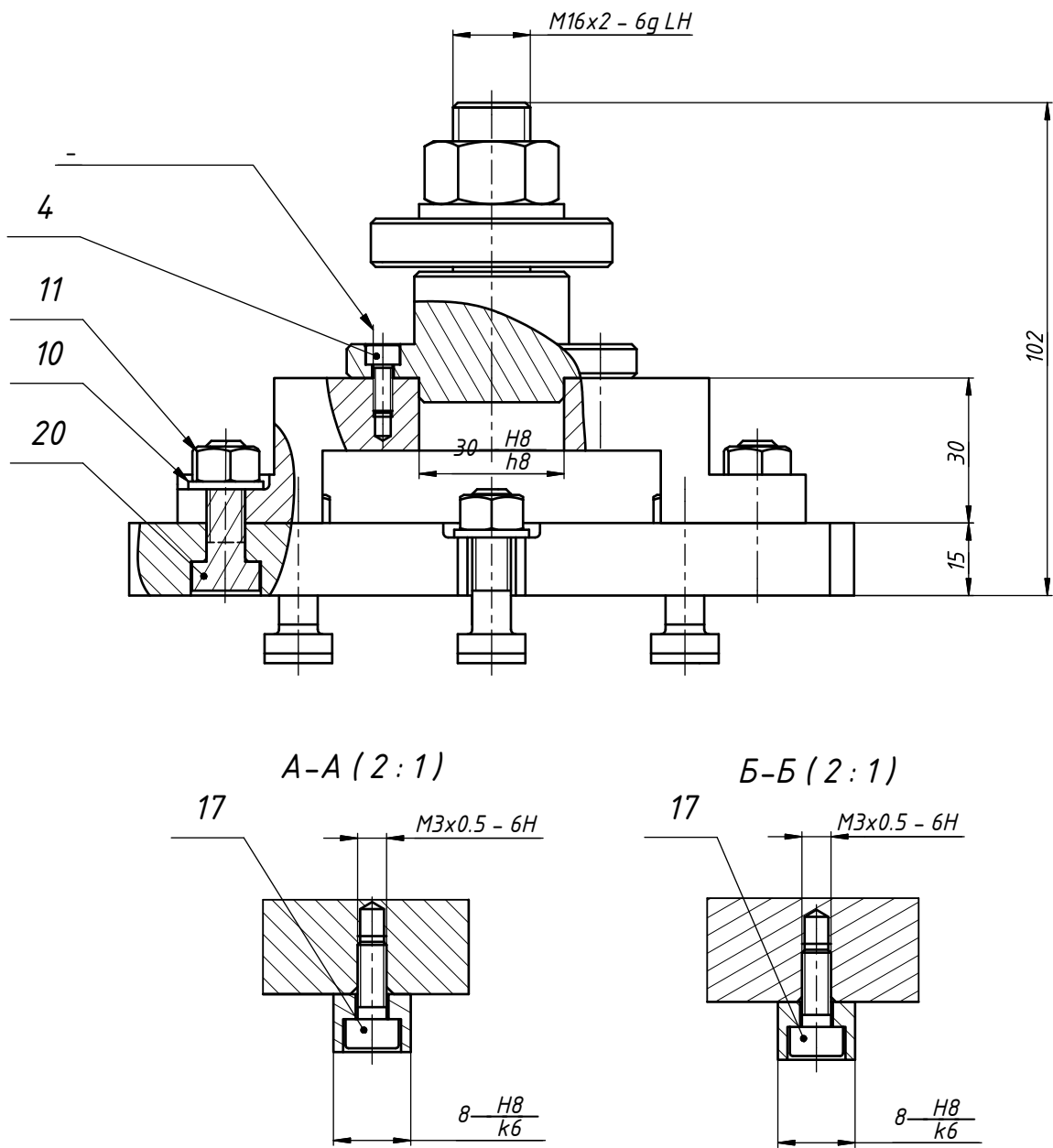
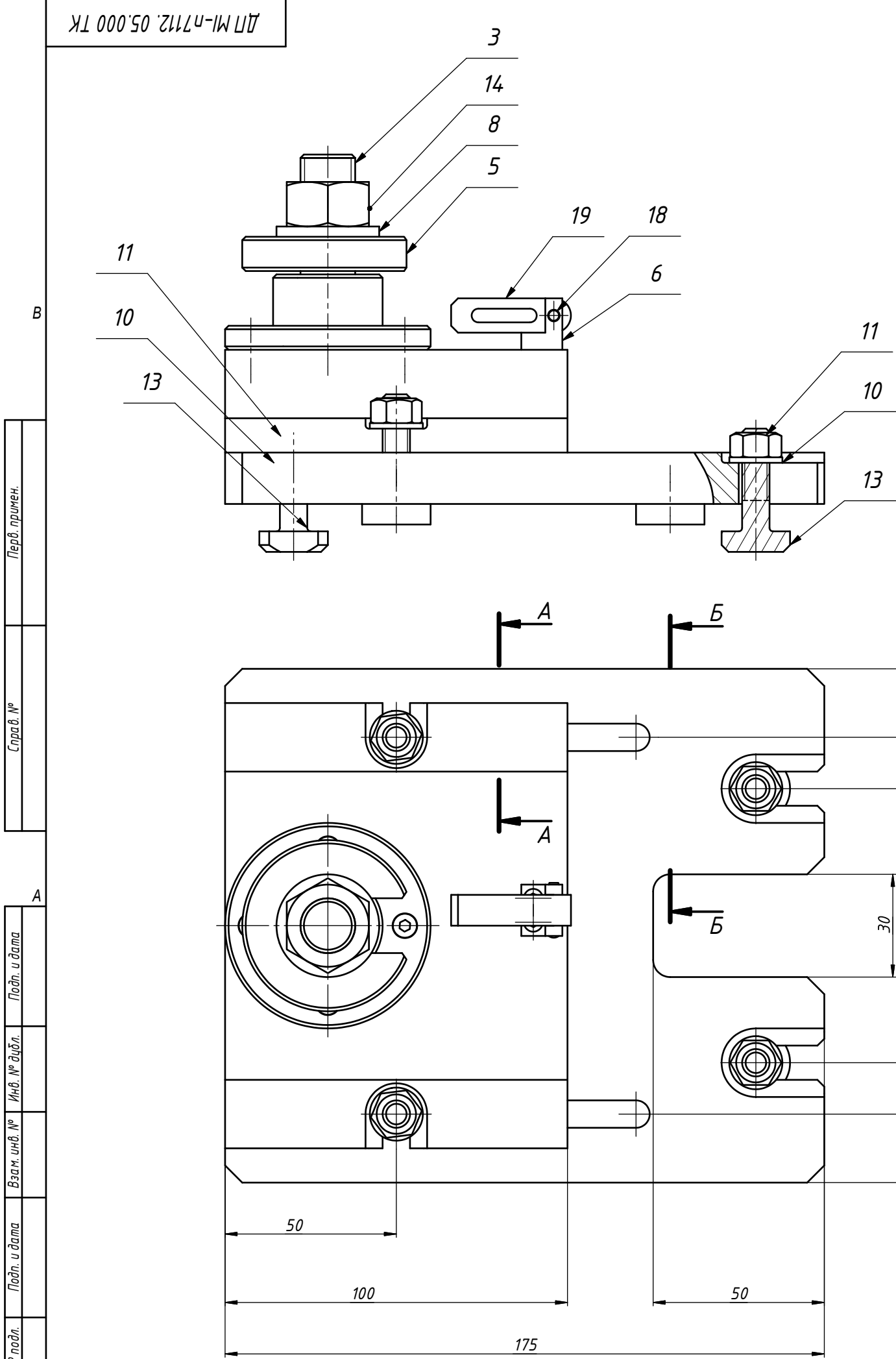
N17 MSG ("; Bore")
N18 G17
N19 DIAMOF
N20 T11 D1
N21 M6
N22 SETMS(2)
N23 G97 S2=1232 M2=3
N24 G94
N25 G54
N27 G0 SP1=0.
N28 D1
N29 DIAMOF
N30 G0 Y0
N31 TRANSMIT(1)
N33 M8
N34 G90 G0 Z15
N35 X-47.012 Y18.292
N36 Z1
N37 G1 Z-1 F400
N38 X-47.104 Y17.801
N39 G3 X-41.27 Y21.796 Z-2.25 CR=5 F556.8
N40 X-45.265 Y27.63 Z-3.5 CR=5
N41 X-51.099 Y23.635 Z-4.75 CR=5

N42 X-47.104 Y17.801 Z-6 CR=5
N43 X-41.27 Y21.796 Z-7.25 CR=5
N44 X-45.265 Y27.63 Z-8.5 CR=5
N45 X-51.099 Y23.635 Z-9.75 CR=5
N46 X-47.104 Y17.801 Z-11 CR=5
N47 X-41.27 Y21.796 Z-12.25 CR=5
N48 X-45.265 Y27.63 Z-13.5 CR=5
N49 X-51.099 Y23.635 Z-14.75 CR=5
N50 X-51.143 Y22.071 Z-15 CR=5
N51 X-45.54 Y17.757 Z-15 CR=5
N52 X-41.226 Y23.36 Z-15 CR=5
N53 X-46.829 Y27.674 Z-15 CR=5
N54 X-51.143 Y22.071 Z-15 CR=5
N55 G1 X-50.647 Y22.136 F800
N56 G0 Z5
N57 X-20.279 Y46.136
N58 Z1
N59 G1 Z-1 F400
N60 X-20.689 Y45.849
N61 G3 X-13.724 Y44.626 Z-2.25 CR=5 F556.8
N62 X-12.501 Y51.59 Z-3.5 CR=5
N63 X-19.466 Y52.813 Z-4.75 CR=5
N64 X-20.689 Y45.849 Z-6 CR=5
N65 X-13.724 Y44.626 Z-7.25 CR=5
N66 X-12.501 Y51.59 Z-8.5 CR=5
N67 X-19.466 Y52.813 Z-9.75 CR=5
N68 X-20.689 Y45.849 Z-11 CR=5
N69 X-13.724 Y44.626 Z-12.25 CR=5
N70 X-12.501 Y51.59 Z-13.5 CR=5
N71 X-19.466 Y52.813 Z-14.75 CR=5
N72 X-20.59 Y51.726 Z-15 CR=5
N73 X-19.601 Y44.724 Z-15 CR=5

...
```

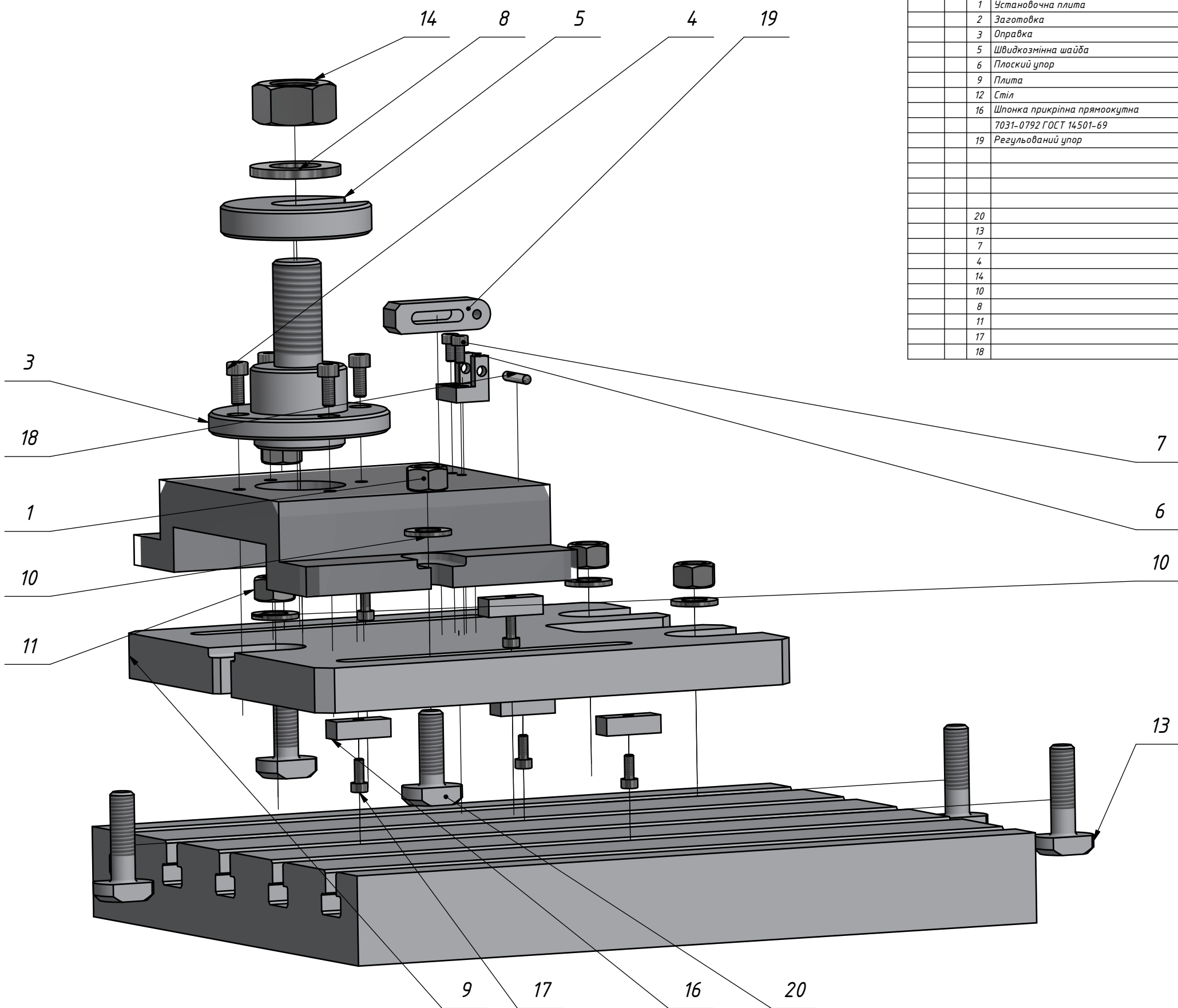
№	Найменування операції	Верстат	Різальний інструмент	l, мм	S, мм/звх	f, об/хв	V, м/хв	T _о , хв:с		
040	Вертикально-фрезерна з ЧПУ	DWG MORI DMС 635 V еcoline	Цільна кінцева фреза CotaMil Fluga R215 H4- 100500AC03H 1610	910,00	0,11	1480,00	38,7	01:4,7		
ДП МІ-n7112. 04.000 ТК										
040 Вертикально-фрезерна з ЧПУ							Лист	Масса		
							З	Максимально		
							Листов	4		
							КПІ ім. Ігоря Сікорського			
							Формат А3			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						
Разраб.		Паченко О.І.								
Пров.		Слободянник І.В.								
Т. контр.										
Нач. отд.										
Н. контр.										
Утв.		Слободянник І.В.								





1. Необхідна сила затиску 6,1 кН.
2. ДСТУ ISO 2768 – ТК.
3. Ручний спосіб встановлення затовки в пристосування.

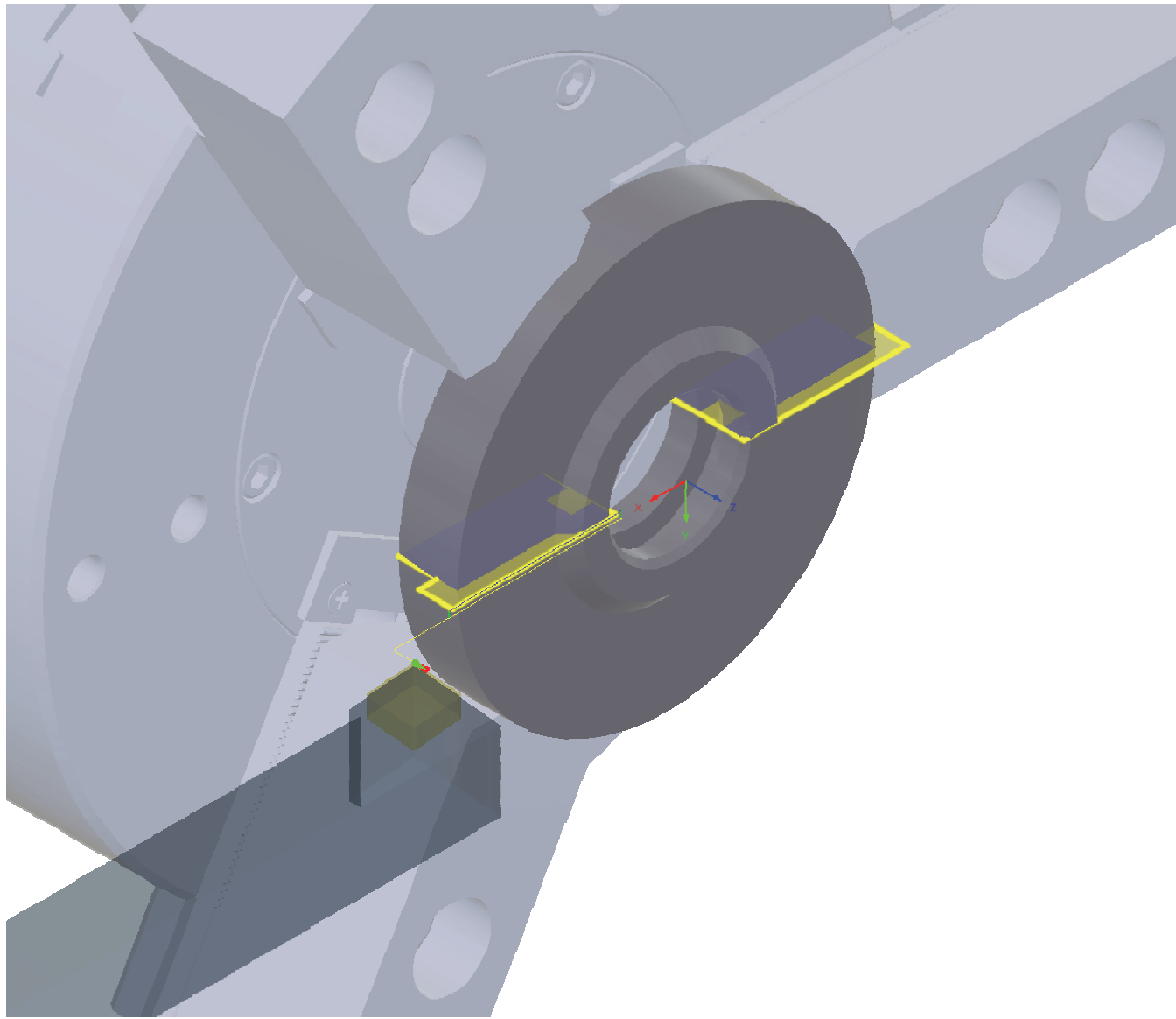
				ДП МІ-п7112. 05.000 ТК			
				Пристосування для протягування рифлень		Лит.	Масса
						1	3,7
						Листов	2
						КПІ ім. Ігоря Сікорського	
						Копіював	
						Формат А2	



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
			Документация			
			Пристосування для протягування рифлень в корпусі фрез	Сборочный чертеж	1	
			Детали			
			1 Установочна плита		1	
			2 Заготовка		1	
			3 Оправка		1	
			5 Швидкозмінна шайба		1	
			6 Плоский упор		1	
			9 Плита		1	
			12 Стіл		1	
			16 Шпонка прикріпна прямокутна 7031-0792 ГОСТ 14501-69		5	
			19 Регульований упор		1	
			Стандартные изделия			
			20 Болт 7002-2462 ГОСТ 13152-67		2	
			13 Болт 7002-2464 ГОСТ 13152-67		3	
			7 Винт М3-6х6 ГОСТ 11738-84		2	
			4 Винт М4-6х10 ГОСТ 11738-84		4	
			14 Гайка М16-6Н ГОСТ 5927-70		1	
			10 Шайба 8,4 ГОСТ 10450-78		5	
			8 Шайба 16 ГОСТ 11371-78		1	
			11 Гайка М8 ГОСТ ISO 4034-2014		5	
			17 ISO 4762 – М3 х 8		5	
			18 Штифт 3х16 ГОСТ 3128-70(1)		1	

Розроблення керуючої програми для верстату з ЧПК

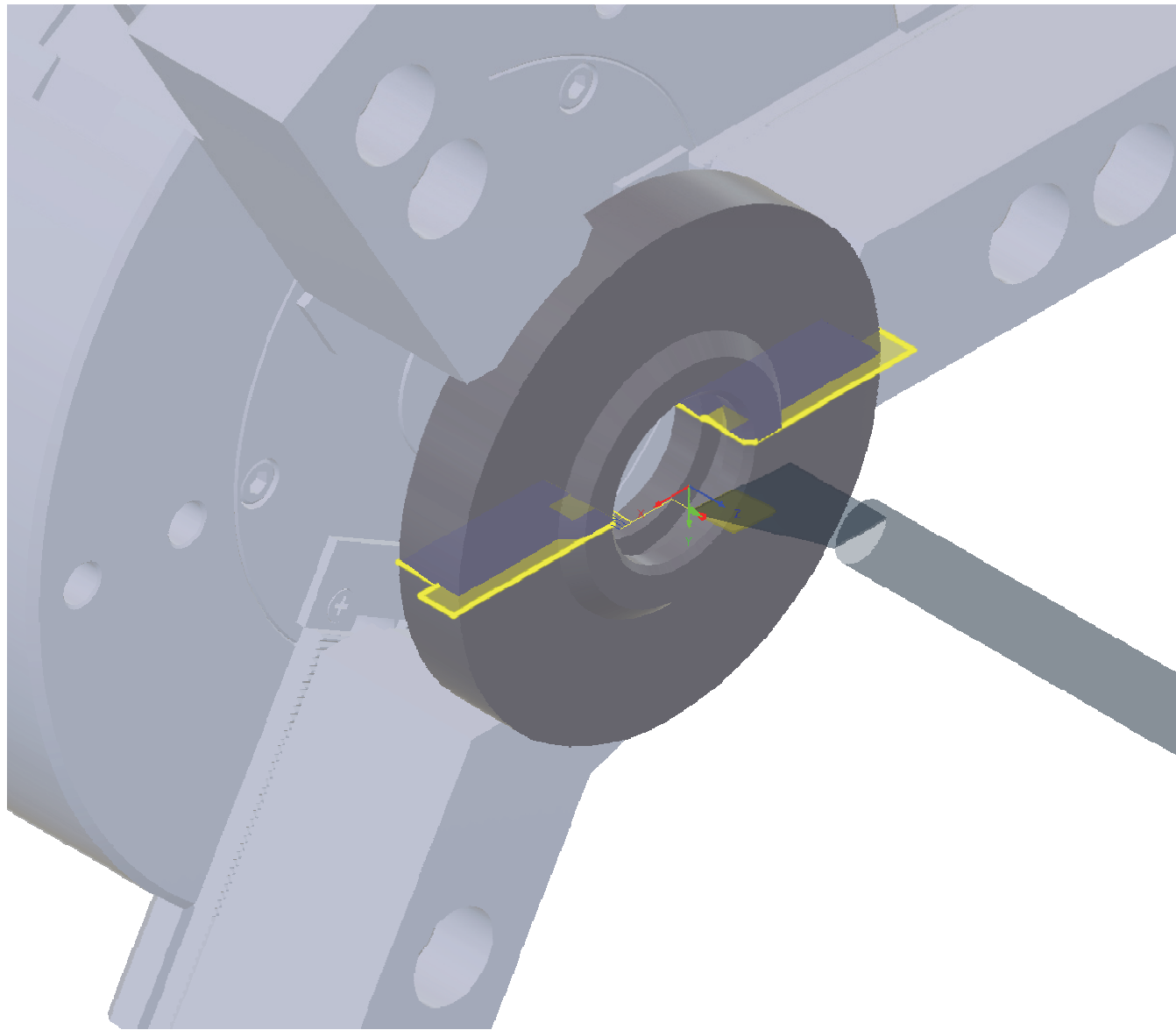
Точіння торця



G-Code

```
N17 MSG ("; Face")
N18 G18
N19 DIAMON
N20 T13 D1
N21 M6
N22 SETMS(1)
N23 G97 S1=240 M1=3
N24 G54
N26 LIMS[1]=5000
N27 D13
N28 M8
N29 G0 Y0
N30 Z5 X14.5
N31 SETMS(1)
N32 G96 S1=107 M1=3
N33 Z0.014
N34 X121.5
N35 G1 X114.328 F0.13
N36 X111.5 Z-1.4
N37 X27.913
N38 X30.741 Z0.014
N39 G0 X14.5
N40 Z5
N41 SETMS(1)
N42 G97 S1=240 M1=3
N43 M9
N44 G53 X250 D0
N45 G53 Y0 D0
N46 G53 Z300 D0
```

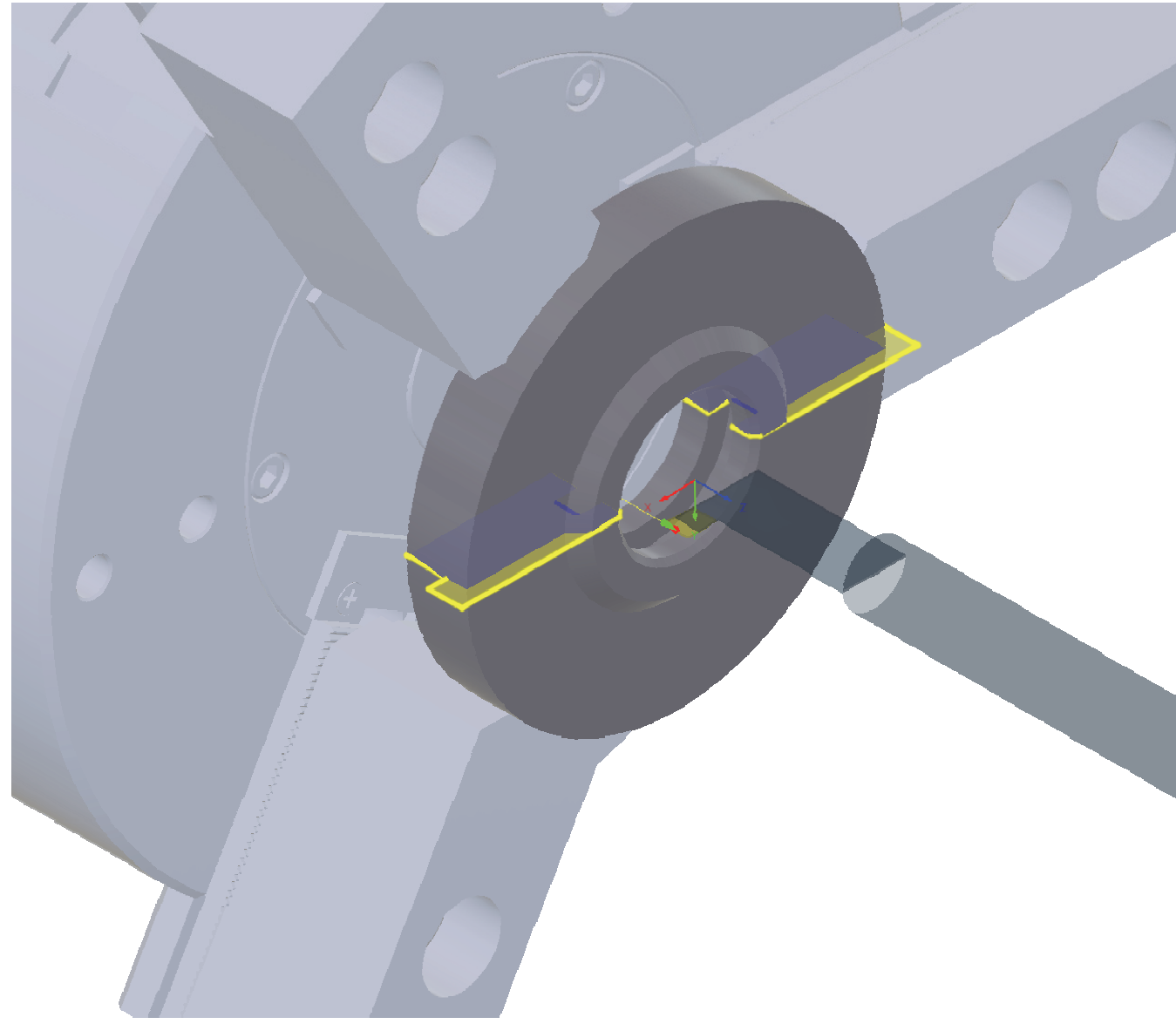
Розточування отвору



G-Code

```
N47 MSG ("; Profile Roughing")
N48 G18
N49 DIAMON
N50 M1
N51 T1 D1
N52 M6
N53 SETMS(1)
N54 G97 S1=3064 M1=3
N55 G54
N57 LIMS[1]=5000
N58 D0
N59 M8
N60 G0 Y0
N61 Z5 X9.5
N62 SETMS(1)
N63 G96 S1=91 M1=3
N64 Z0.6
N65 X30.7
N66 G1 Z-19.8 F0.13
N67 X28.3
N68 G0 Z0.6
N69 X32.593
N70 G1 Z-2.581
N71 X31.5 Z-3.127
N72 X31.501 Z-7.544
N73 X32.4 Z-12.681
N74 X31.5
N75 Z-19.8
N76 X30.7
N77 X28.7 Z-18.8
...
```

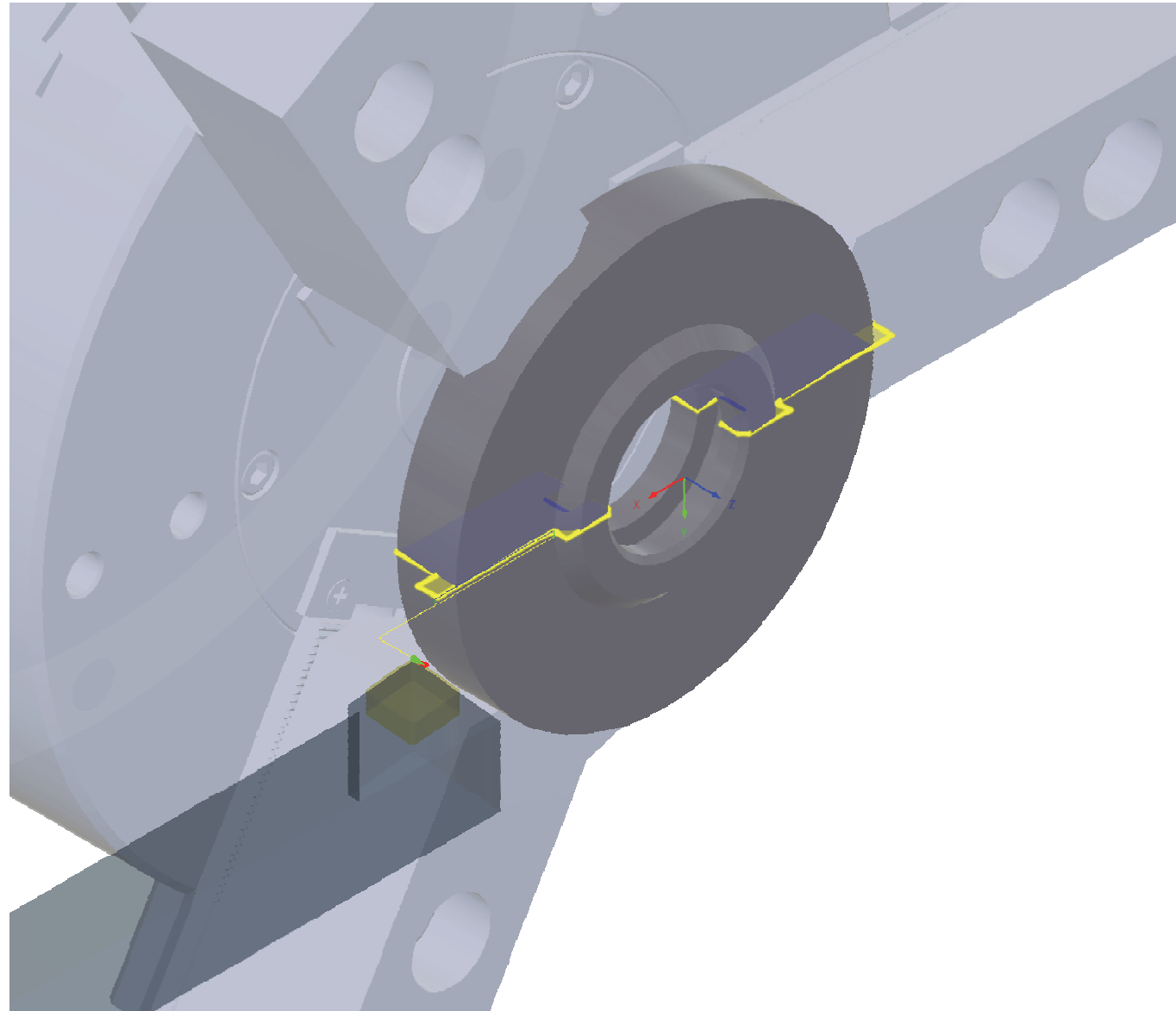
Розточування канавки



G-Code

```
N93 MSG ("; Single Groove")
N94 G18
N95 DIAMON
N96 M1
N97 T2 D1
N98 M6
N99 SETMS(1)
N100 G97 S1=114.1 M1=3
N101 G54
N103 LIMS[1]=5000
N104 D0
N105 M8
N106 G0 Y0
N107 Z5 X25.5
N108 SETMS(1)
N109 G96 S1=91 M1=3
N110 Z-12.7
N111 G1 X44 F0.13
N112 X25.5
N113 G0 Z5
N114 SETMS(1)
N115 G97 S1=114.1 M1=3
N116 M9
N117 G53 X250 D0
N118 G53 Y0 D0
N119 G53 Z300 D0
```

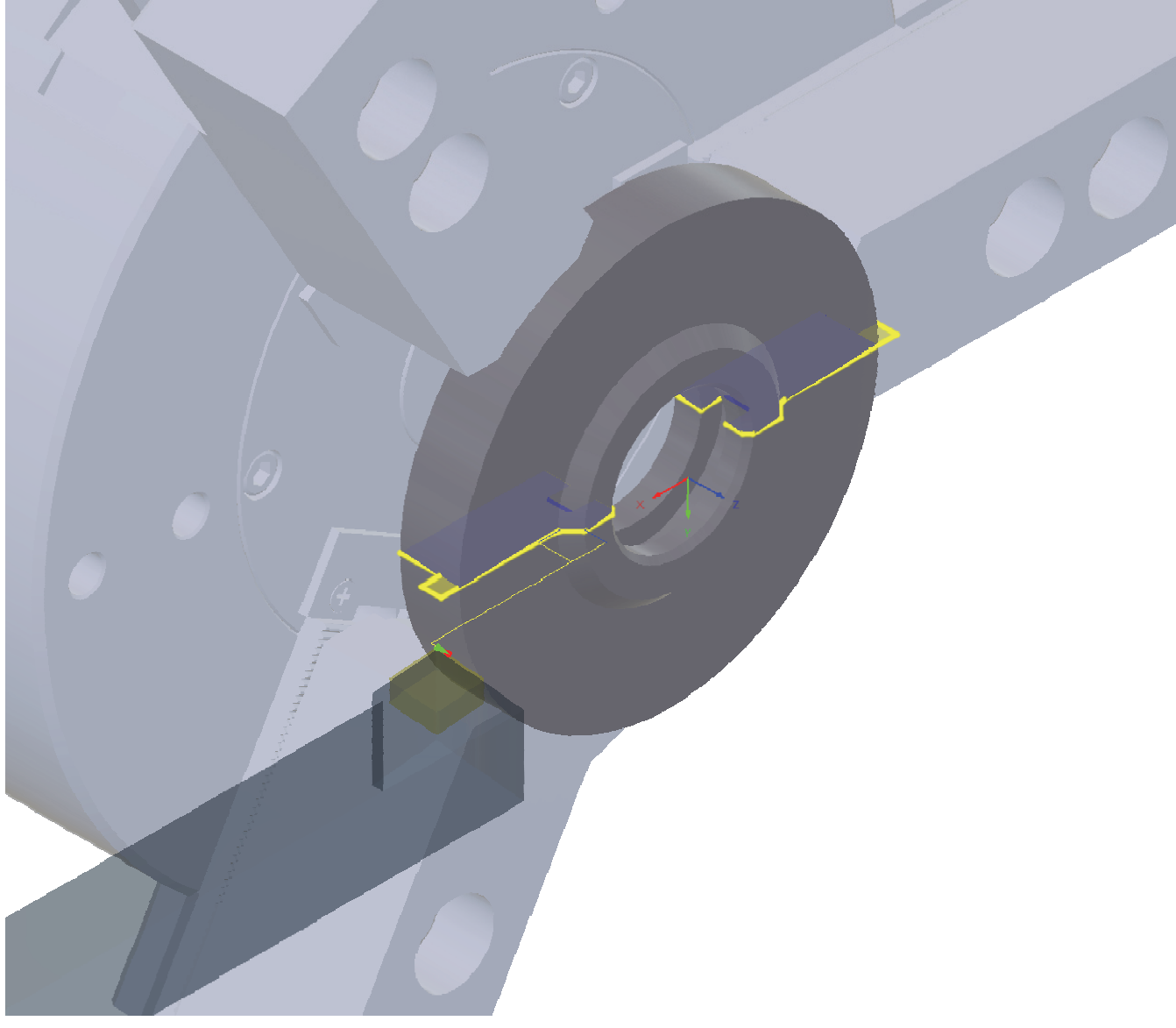
Точіння торця



G-Code

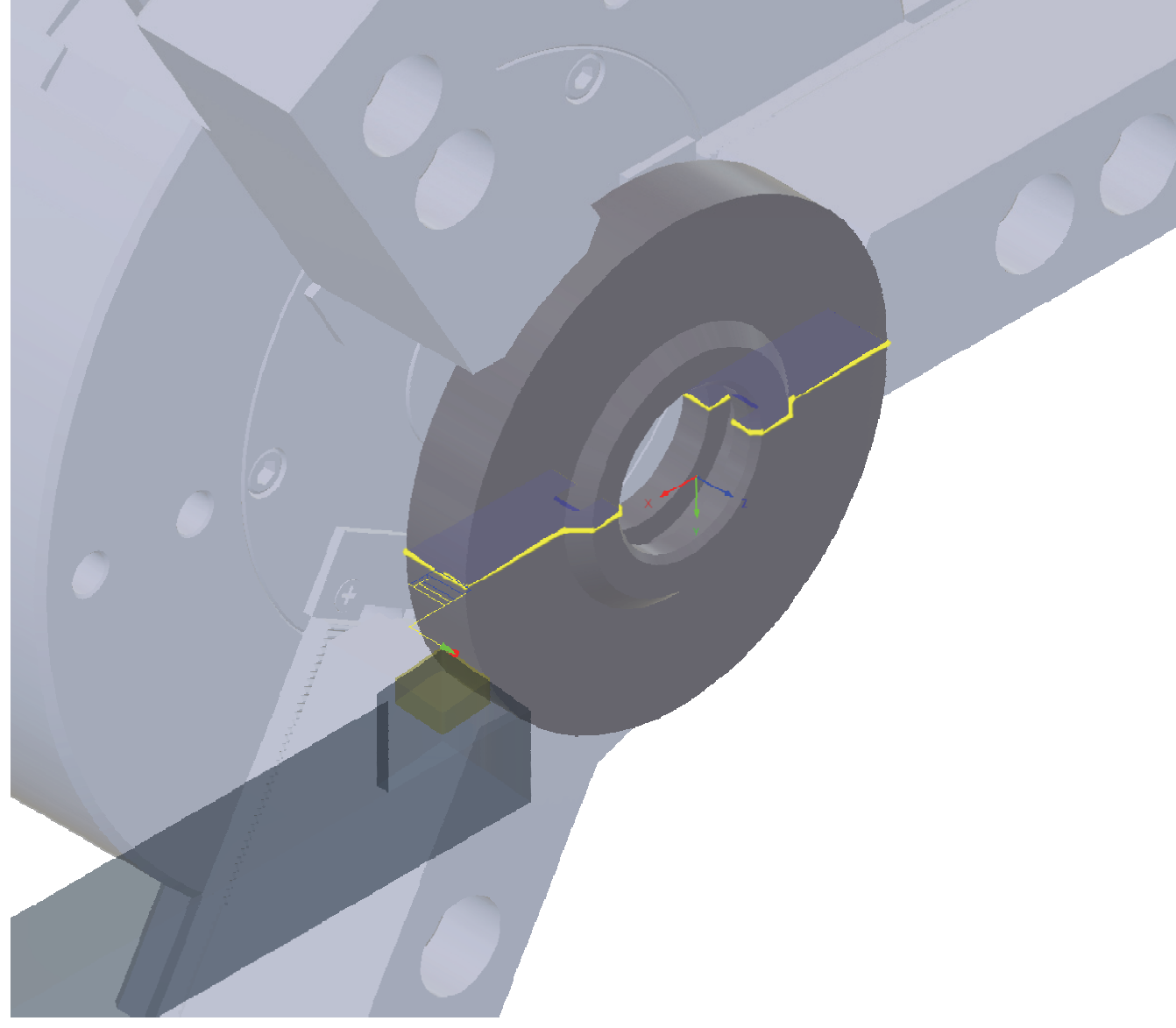
```
N120 MSG ("; Face")
N121 G18
N122 DIAMON
N123 M1
N124 T13 D1
N125 M6
N126 SETMS(1)
N127 G97 S1=240 M1=3
N128 G54
N130 LIMS[1]=5000
N131 D13
N132 M8
N133 G0 Y0
N134 Z5 X14.5
N135 SETMS(1)
N136 G96 S1=107 M1=3
N137 Z-3.286
N138 X121.5
N139 G1 X114.328 F0.13
N140 X111.5 Z-4.7
N141 X53.912
N142 X56.741 Z-3.286
N143 G0 X14.5
N144 Z5
N145 SETMS(1)
N146 G97 S1=240 M1=3
```

Точіння фаски та дуртика



```
N147 MSG ("; Profile Roughing")
N148 G18
N149 DIAMON
N151 LIMS[1]=5000
N153 SETMS(1)
N154 G96 S1=107 M1=3
N155 G0 X131.5 Y0 Z5
N156 Z3.6
N157 X46.818
N158 G1 Z-1.632 F0.13
N159 X52.753 Z-4.6
N160 X63.5
N161 G0 Z3.6
N162 X131.5
N163 Z5
N164 SETMS(1)
N165 G97 S1=258 M1=3
```

Точіння зовнішньої поверхні

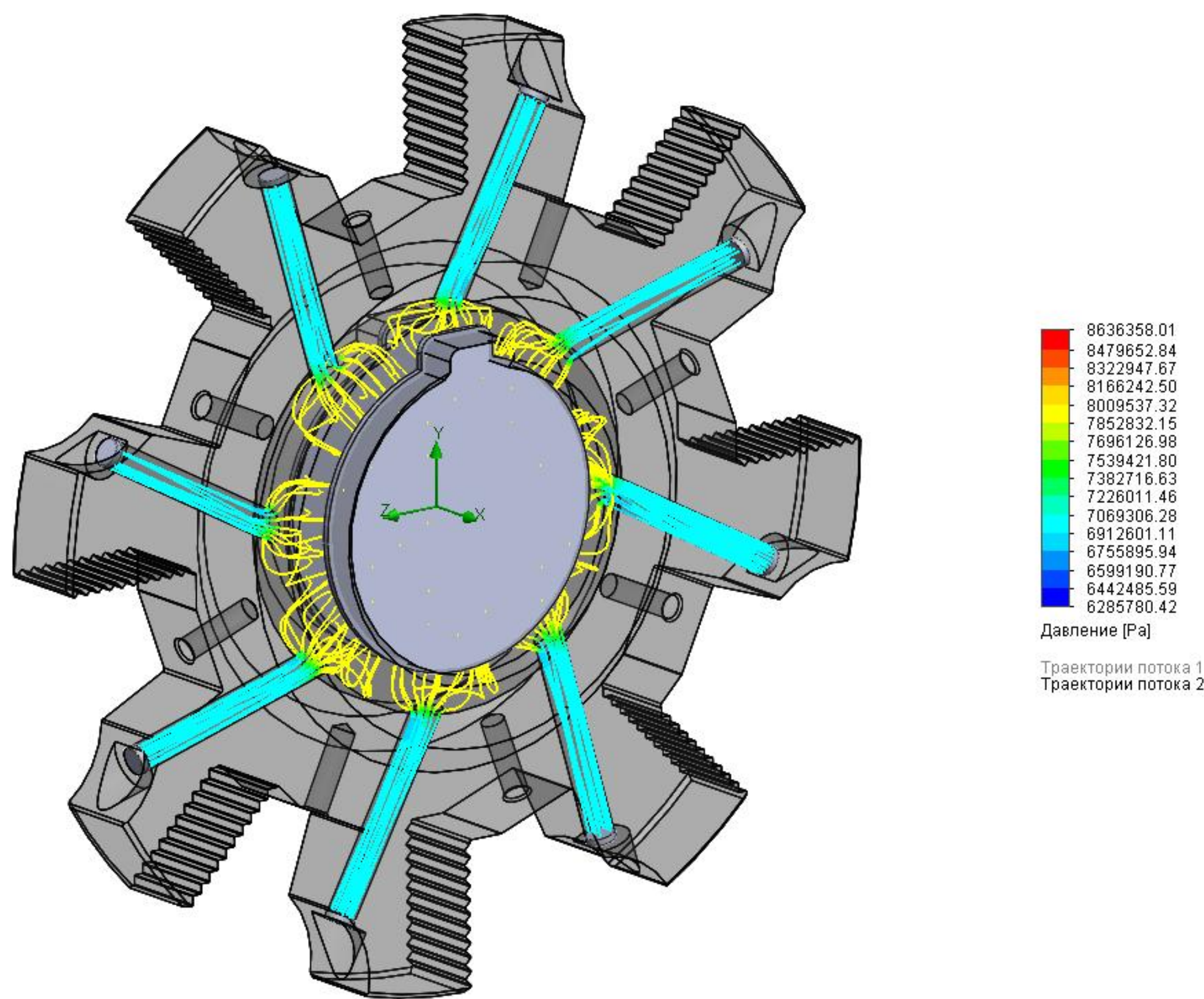


G-Code

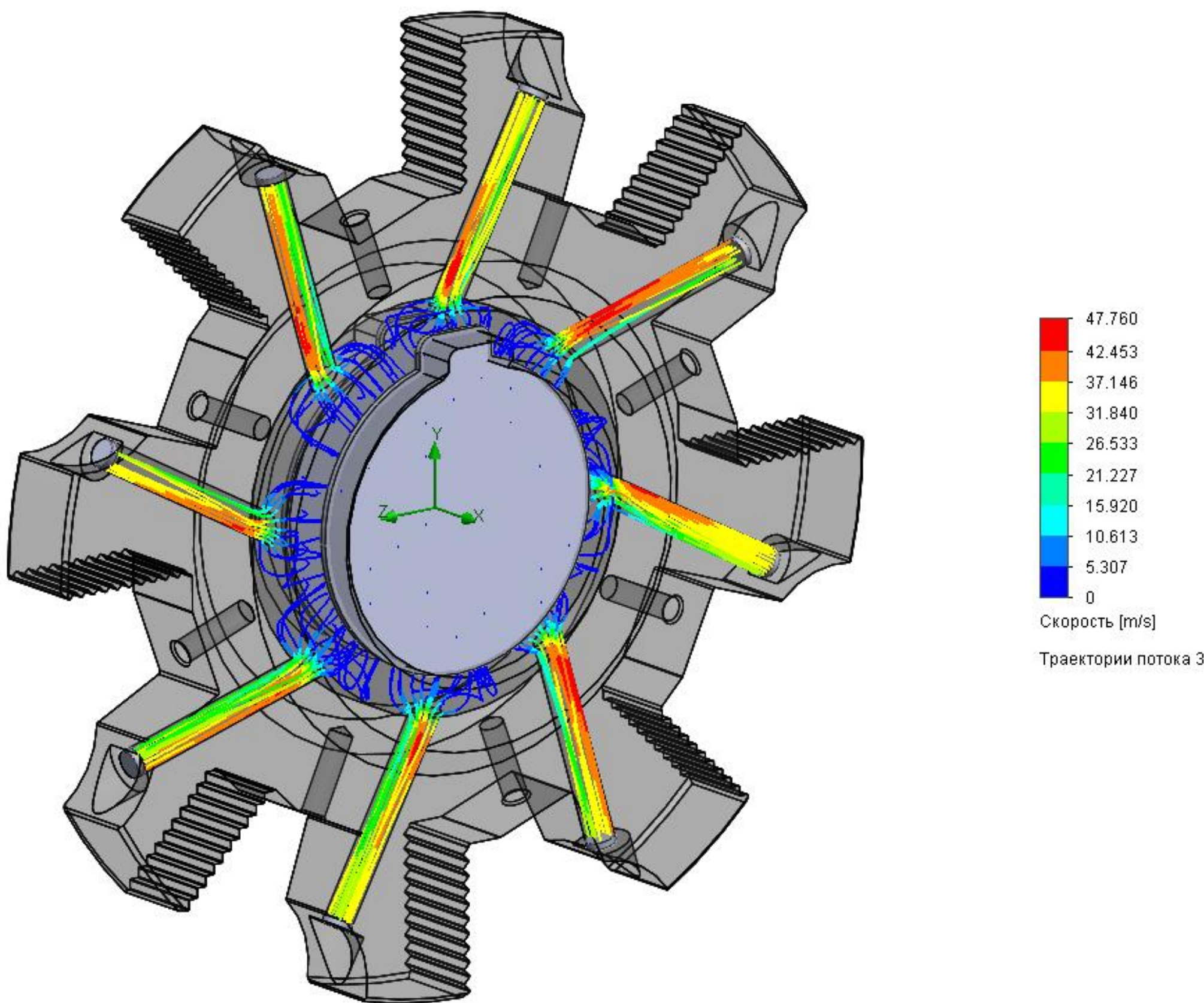
```
N166 MSG ("; Profile Roughing")
N167 G18
N168 DIAMON
N170 LIMS[1]=5000
N172 SETMS(1)
N173 G96 S1=107 M1=3
N174 G0 X131.5 Y0 Z5
N175 Z-3.2
N176 X109.1
N177 G1 Z-10.294 F0.13
N178 X113.9
N179 G0 Z-3.2
N180 X105.15
N181 G1 Z-10.294
N182 X109.1
N183 X111.1 Z-9.294
N184 G0 Z-3.2
N185 X103.6
N186 G1 X101.2
N187 Z-10.294
N188 X105.15
N189 X107.15 Z-9.294
N190 G0 X113.9
N191 Z-3.2
N192 X131.5
N193 Z5
N194 SETMS(1)
N195 G97 S1=258 M1=3
```


Аналіз потоку мастильно-охолоджувальної рідини

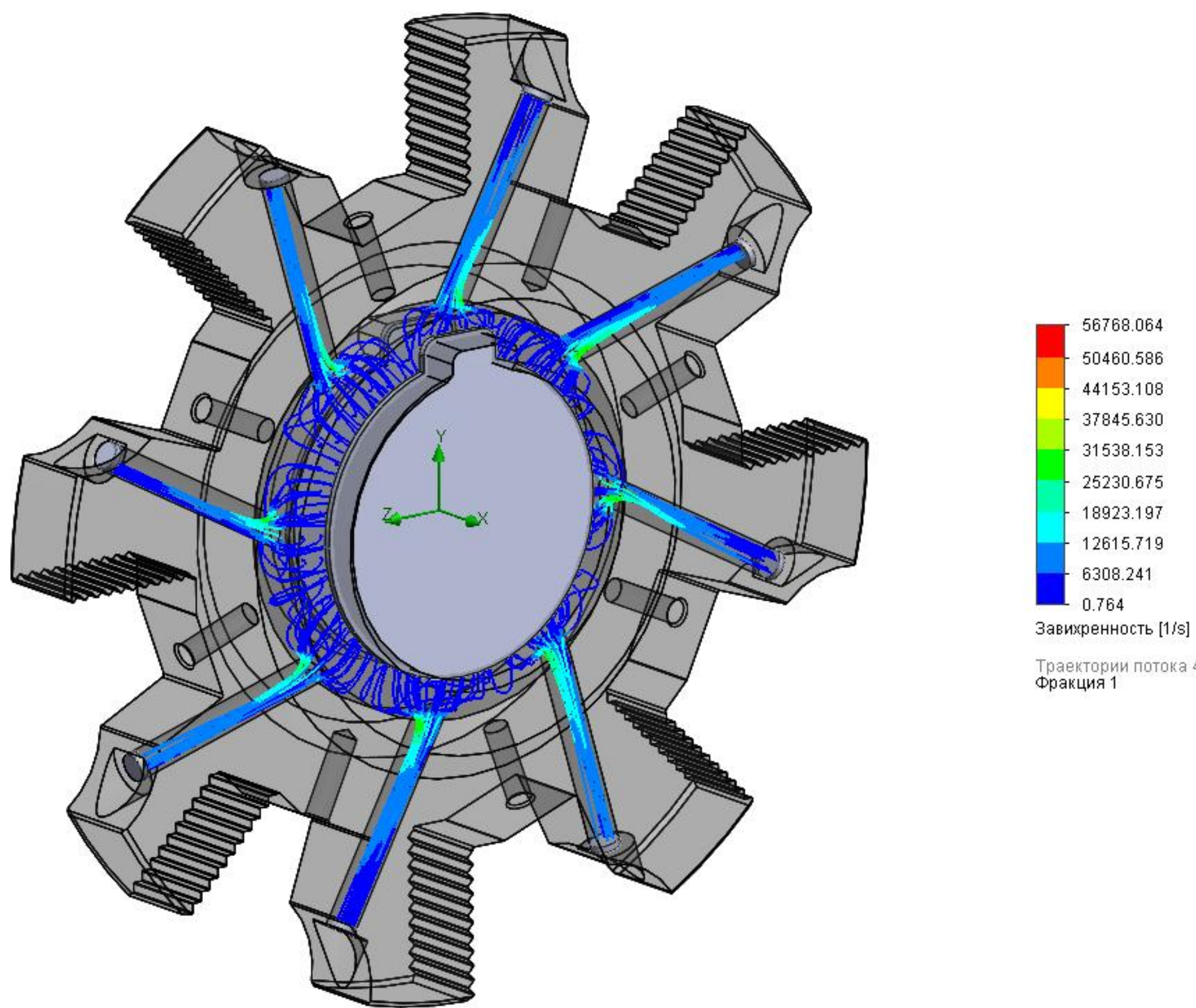
Величина тиску, [Па]



Величина швидкості, [м/с]



Характеристика потока, [1/с]



Щільність, [кг/м³]

